



Le Cirad
en 2008

CIRAD

Le Cirad en 2008





Le Cirad, établissement public placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère des Affaires étrangères et européennes, est un centre de coopération en recherche agronomique spécialisé dans les productions tropicales et méditerranéennes.

Ses activités relèvent des sciences du vivant et de la terre, des sciences sociales et des sciences de l'ingénieur appliquées à l'agriculture, la forêt, l'élevage, l'alimentation, les ressources naturelles et les territoires ruraux.

Le Cirad comprend trois départements scientifiques, qui rassemblent l'ensemble de ses unités de recherche : Systèmes biologiques (Bios), Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux (Persyst), Environnements et sociétés (ES).

Le Cirad emploie 1 800 agents, dont 800 ingénieurs chercheurs. Il coopère avec plus de 90 pays dans le monde et dispose de pôles scientifiques à vocation régionale dans l'outre-mer français. Il accueille et forme chaque année près de 800 chercheurs et techniciens.

Son budget s'élève à 203 millions d'euros dont les deux tiers proviennent de l'Etat français.

© Cirad, mai 2009
ISBN : 978-2-87614-664-8
EAN : 9782876146648



AVANT-PROPOS

En décembre 2007, le Conseil d'administration fixait les orientations stratégiques du Cirad pour les cinq années à venir. Ces orientations, qui correspondent à de grands enjeux de développement, sont dans le même temps bien ancrées dans l'histoire du Cirad, comme l'attestent les résultats tangibles qui ont été obtenus. C'est le cas tout d'abord des recherches sur l'intensification écologique, qui depuis plusieurs années irriguent tout un pan de l'activité du Cirad. Cela est vrai aussi de la sécurité alimentaire, domaine dans lequel le Cirad dispose de compétences qui lui ont valu de prendre part au groupe de réflexion gouvernemental réuni à la suite des crises alimentaires du début de l'année 2008. C'est encore le cas des recherches sur la santé animale, où le Cirad est depuis longtemps un partenaire reconnu des instances internationales, tant pour ce qui concerne la surveillance épidémiologique que la mise au point de vaccins.

En revanche, d'autres axes prioritaires, appelés à prendre une place plus importante dans la programmation future de l'établissement, mobilisent aujourd'hui un nombre relativement restreint d'équipes. Ainsi, les recherches sur l'énergie issue de la biomasse sont un domaine dans lequel le Cirad dispose d'atouts indéniables — les carburants et combustibles végétaux ont depuis longtemps fait l'objet d'études approfondies — mais l'approche interdisciplinaire de cette problématique énergétique doit être amplifiée dans les années à venir. Les politiques publiques, qui participent à la lutte contre la pauvreté et les inégalités, ainsi que les études sur la dynamique des espaces ruraux sont elles aussi deux thématiques en plein essor au Cirad. La première a plusieurs années de travail de terrain à son actif et peut désormais compter sur la connaissance de situations contrastées. La seconde, en prise directe avec les préoccupations actuelles de gestion et de préservation des ressources naturelles, s'appuie sur les études de modélisation et de gestion communautaire, qui sont l'un des points forts du Cirad.

Le Cirad en 2008 donne un aperçu des recherches récentes conduites par les chercheurs de l'établissement ; il met en particulier l'accent sur le caractère opérationnel et finalisé des résultats obtenus. Une information plus large sur l'ensemble des activités est accessible sur le site Internet du Cirad (www.cirad.fr).

La nécessité de faire évoluer les pratiques de recherche mais aussi la focalisation des actions sur les six axes de recherche identifiés sont associées à des modifications dans les modes de management. C'est ainsi que plusieurs grands chantiers ont été lancés en 2008 pour relever les défis que présentait cette vision renouvelée. Il convient de saluer ici l'appui du conseil scientifique et des comités de programme dans la conduite de ces réflexions.

Première originalité des pratiques du Cirad, le partenariat scientifique a fait l'objet d'intenses réflexions internes et externes. Les modalités actuelles des relations avec ses partenaires, notamment du Sud, reflètent d'abord l'histoire de l'établissement et du réseau relationnel que celui-ci a tissé depuis sa création. Une clarification des dispositifs et des partenariats s'imposait pour refonder une coopération en phase avec les objectifs scientifiques et les moyens humains et financiers du Cirad. Il s'agissait de répondre à la question : comment le Cirad doit-il se positionner géographiquement, et auprès de quels partenaires, pour répondre au mieux à son mandat et mettre en œuvre les orientations stratégiques qu'il s'est fixées ? Les premières discussions ont été réservées à l'Afrique et à la Méditerranée. Elles ont permis d'identifier une série de critères pour guider les choix géographiques et partenariaux.

En écho à ces réflexions, l'Initiative française pour la recherche agronomique internationale (Ifrai), le groupement d'intérêt public créé par le Cirad et l'Inra, a organisé un colloque international sur le thème « Partenariats, innovation, agriculture (PIA) » le 3 juin 2008, qui a réuni des représentants de nombreuses organisations internationales, régionales et nationales. Les conclusions de ce colloque ont été transmises au directeur général de la FAO, qui présidait la conférence de haut niveau, concomitante, sur la sécurité alimentaire mondiale. Elles soulignaient,

en particulier, la nécessité de poursuivre les exercices prospectifs, comme Agrimonde, et d'en partager les résultats avec la communauté internationale. Par ailleurs, le besoin d'un soutien public accru à la recherche agronomique a fait l'objet d'un vibrant plaidoyer, notamment pour des thèmes tels que l'intensification écologique de la production agricole.

Actuellement, plus de 90 % des articles de haut niveau publiés par les chercheurs du Cirad relèvent des six axes prioritaires, selon une grande diversité d'approches et à partir de trajectoires souvent individuelles. Pour accompagner la mise en œuvre par les équipes et les unités de ces nouvelles orientations, la direction générale a révisé son dispositif incitatif. La totalité de ces crédits est désormais consacrée à des projets portant sur les six axes, et cela concerne aussi bien les appuis géopartenariaux et le soutien à l'Europe que les actions de valorisation, les projets interdisciplinaires nouveaux et les actions à long terme comme le soutien aux allocataires de recherche.

Les trente recrutements de cadres scientifiques réalisés en 2008 viennent eux aussi conforter la stratégie de l'établissement. De même, trois actions thématiques programmées (ATP) dirigées ont été lancées pour favoriser la mobilisation des équipes sur les axes prioritaires :

- « Emergence » (modélisation et gestion des risques sanitaires dans le domaine végétal et animal),
- « Energie pour les Suds » (en quoi le développement des biomasses énergies peut-il contribuer durablement à l'amélioration des conditions de vie des populations rurales du Sud ?),
- « Biodiversité et agricultures » (impacts et services produits par l'agriculture et l'élevage en matière de biodiversité). Elles s'inscrivent dans la continuité de la politique initiée en 2007, qui avait donné lieu au lancement des trois projets (« Observatoire des agricultures du monde », « Diversité des caractères d'adaptation aux contraintes hydriques et thermiques chez le riz » et « Optimisation des mécanismes écologiques de gestion des bioagresseurs pour une amélioration durable de la productivité des agrosystèmes »).

Les axes prioritaires ont, en outre, fait l'objet de plusieurs animations scientifiques. Lors des rencontres du Cirad 2008, un atelier sur le thème de la biomasse énergie a été organisé pour l'ensemble des agents et un séminaire sur le développement a réuni vingt-six jeunes chercheurs nouvellement recrutés. Les six axes prioritaires y ont été illustrés grâce à des conférences publiques de chercheurs du Cirad. Les sessions du conseil scientifique ont été accompagnées de séminaires de réflexion sur des sujets d'intérêt général, comme les biens publics mondiaux, ou sur les pratiques de recherche en coopération de l'établissement. Une sélection d'activités conduites par le Cirad en relation avec l'Afrique a ainsi été présentée au public pendant le conseil scientifique d'octobre 2008. En septembre 2008, les unités mixtes de recherche Moisa et Arena ont organisé une école chercheur, qui avait pour thème « Prise en compte de la pauvreté et des inégalités : quelles implications pour le Cirad ? », en partenariat avec le réseau Impact, réseau à vocation internationale d'appui aux politiques publiques de réduction de la pauvreté et des inégalités.

A l'échelle de l'établissement, un nouveau contrat d'objectifs entre l'Etat et le Cirad a été signé en novembre 2008. Fruit d'un dialogue approfondi avec les ministères de tutelle, ce contrat a été bâti à partir d'une arborescence d'objectifs et d'actions, assortis d'indicateurs. Il contribuera à la réalisation des objectifs ambitieux de l'établissement et permettra d'apprécier le chemin parcouru.

L'année 2008 marque donc une nouvelle étape dans l'histoire du Cirad, avec la mise en œuvre de ses nouvelles orientations stratégiques. Elle pose les bases de l'identité de l'établissement pour les années à venir et de sa place au sein du dispositif français, mais aussi international, de la recherche agronomique.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

3

Les recherches

Inventer une agriculture écologiquement intensive pour nourrir la planète

9

Phylogénomique et transfert d'informations entre espèces

10

Un mécanisme unifié du transport de l'auxine pour expliquer la formation des organes

12

L'équipe du projet Digiplante

14

Conserver et exploiter la diversité des vanilliers : une collection de référence à la Réunion

14

La transgénèse de l'hévéa, un outil pour comprendre les mécanismes de réponse aux stress

15

Une méthode fiable de détection du virus de la mosaïque des bractées des bananiers

17

De nouvelles méthodes de taxonomie et d'identification des bactéries du genre *Xanthomonas*

18

Raisonner l'intensification écologique dans le Nordeste du Brésil

19

Concevoir des bananeraies sans pesticide : les apports de la modélisation

21

Protection des cultures : le Cirad organise le premier colloque du réseau Endure

22

Dans quelles conditions l'émergence des bioénergies peut-elle être favorable aux populations du Sud ?

23

L'huile de coton comme combustible

24

Les biocarburants au Burkina Faso : une approche pluridisciplinaire

26

Innover pour une alimentation accessible, diversifiée et sûre

29

La hausse des prix internationaux des produits agricoles

30

Le Groupe interministériel sur la sécurité alimentaire

30

ID3 : vers un modèle alternatif de l'économie internationale

31

Des huiles essentielles contre les maladies infectieuses des élevages aquacoles

32

La mangue : connaître le passé du fruit pour anticiper son avenir

34



Anticiper et gérer les risques sanitaires infectieux liés aux animaux sauvages et domestiques

37

Péripleumonie contagieuse bovine : de nouvelles méthodes de diagnostic, d'épidémiologie moléculaire et de vaccination

38

Maladies émergentes : évaluer les risques sanitaires et socio-économiques

40

Suivi des virus de la grippe aviaire chez les canards sauvages et dans l'environnement

42

Contribuer à la réduction des inégalités structurelles et de la pauvreté

43

Les politiques publiques à Madagascar : dix ans de recherche

44

Quels enseignements tirer de la mise en conformité de la filière aquacole philippine avec les exigences sanitaires européennes ?

46

Une plate-forme sur l'hévéa en Thaïlande

48

Mieux comprendre les relations entre nature, agriculture et sociétés pour gérer durablement les espaces ruraux tropicaux

49

« Regards croisés sur la Tapoa » : bilan de la gestion communautaire des ressources naturelles en Afrique

50

Reconstituer les couverts végétaux anciens grâce à la matière organique du sol

52

La modélisation d'accompagnement au service de la concertation pour l'affectation des terres

54

Le Cirad au Congrès mondial de l'eau

54

Le Cirad en bref

Les indicateurs

56

L'organisation en avril 2009

61

Le dispositif géographique

64

Inventer une agriculture écologiquement intensive pour nourrir la planète

Protection contre l'érosion, maintien ou restauration de la fertilité, fixation symbiotique de l'azote, recyclage des éléments minéraux, protection contre les bioagresseurs... de nouvelles pratiques agricoles pourraient-elles assurer de tels services, alors que l'accroissement de la production agricole demeure une préoccupation majeure et que le modèle fondé sur l'utilisation intensive et massive de pesticides, d'engrais chimiques, d'eau et d'énergie fossile est aujourd'hui remis en cause ? C'est tout l'enjeu de l'intensification écologique, modèle alternatif consistant à repenser l'agriculture pour mieux utiliser les processus et les fonctionnalités naturels des écosystèmes !

Pour inventer cette nouvelle agriculture, nous devons réfléchir à nos modes de production, replacer l'environnement au cœur de nos préoccupations, mieux connaître les mécanismes physico-chimiques et biologiques... et intégrer l'ensemble. Il faut, d'une part, entrer dans la « boîte noire » du vivant, dont la complexité apparaît grandissante, et ainsi mieux comprendre les processus biologiques fondamentaux des végétaux (fonctionnement du génome, formation des organes...) et le fonctionnement des écosystèmes (fonctionnement des peuplements végétaux complexes, durabilité des systèmes de production, meilleure valorisation des ressources naturelles, exploitation des espèces utiles). D'autre part, la création de matériel végétal nouveau — plus productif, résistant aux maladies, adapté aux multiples écosystèmes locaux et exploitant l'incroyable diversité connue aujourd'hui — est une nécessité qui est loin d'être remise en question. Cela ne suffit pas et il faut maintenant concevoir des systèmes de production qui s'appuient sur le fonctionnement des processus écologiques en œuvre au sein des agrosystèmes. Enfin, il est nécessaire d'analyser les processus socio-économiques qui favorisent ou freinent l'adoption de ces nouvelles pratiques.

Au cœur des activités et des métiers du Cirad, l'intensification écologique recouvre ainsi de multiples aspects. Elle passe par l'implication du Centre dans les grands réseaux internationaux, où se structurent les forces de la recherche d'excellence. En 2008, le Cirad a ainsi organisé le premier colloque du réseau Endure, tourné vers la conception d'une protection des cultures innovante, compatible avec le développement durable. L'intensification écologique nécessite également une meilleure utilisation des connaissances génétiques obtenues sur les espèces modèles, pour les étendre à d'autres espèces moins étudiées. Elle repose sans nul doute aussi sur la modélisation, formidable outil exploratoire de la complexité du vivant.

Mais, qu'il s'agisse de créer de nouvelles variétés, d'inventer de nouvelles techniques de lutte contre les maladies et les ravageurs ou de concevoir des systèmes de production durables plus économes en intrants et moins générateurs d'effets négatifs pour l'environnement, tous les résultats obtenus par le Cirad reposent sur l'exceptionnelle implication de ses agents et sur les liens forts créés au fil du temps entre le Cirad et ses partenaires, au Nord comme au Sud.

PHYLOGÉNOMIQUE et transfert d'informations entre espèces

La génomique comparative permet de prédire la fonction de gènes d'une espèce à partir d'informations existant chez une autre espèce. Elle se fonde sur l'identification des gènes apparentés, ou orthologues, entre espèces. A partir de l'analyse des orthologues entre le riz et Arabidopsis thaliana, le Cirad a conçu une base de données et des outils qui permettent de prédire de manière automatisée les équivalents fonctionnels entre les séquences d'espèces « orphelines » — pour lesquelles les outils de génomique sont peu développés — et celles de ces espèces modèles. Ces outils sont déjà largement utilisés par la communauté scientifique.

L'un des objectifs de la génomique comparative est de prédire la fonction des gènes d'une espèce à partir d'informations existant chez une ou plusieurs autres espèces. En identifiant les gènes apparentés entre ces espèces, il est possible de transférer l'annotation, c'est-à-dire les informations biologiques attachées à une séquence, d'une espèce vers une autre moins bien caractérisée. Cette prédiction passe par le recensement des orthologues, gènes issus d'un ancêtre commun et séparés par un événement de spéciation, et qui ont vraisemblablement la même fonction. Pour parvenir à identifier ces orthologues, on adopte des démarches phylogénétiques fondées sur la parenté entre espèces. Dans un premier temps, une équipe du Cirad a recherché tous les orthologues entre *Oryza sativa*, l'espèce modèle des monocotylédones, et *Arabidopsis thaliana*, l'espèce modèle des dicotylédones, ce qui lui a permis ensuite de

prédire la fonction de séquences obtenues chez des espèces « orphelines » — pour lesquelles les outils de génomique sont peu développés — mais importantes pour les pays du Sud.

La prédiction automatisée d'équivalents fonctionnels entre espèces

La première étape de cette étude consistait à choisir un pipeline, c'est-à-dire une suite de programmes informatiques connectés

entre eux qui reproduisent de manière automatisée une série d'analyses effectuées manuellement par un biologiste. Ces programmes permettent de gagner en temps et en homogénéité, mais leurs résultats doivent être vérifiés. Grâce à la suite de programmes choisis, une analyse phylogénétique optimisée sur des familles de gènes a été réalisée, l'objectif étant de prédire des groupes de séquences orthologues entre *O. sativa* et *A. thaliana*. Un jeu de données comprenant l'ensemble des 69 familles de facteurs de transcription, protéines régulatrices de l'expression des gènes, a été

La phylogénomique permet de prédire la fonction des gènes chez les espèces « orphelines ».

Partenaires

Biodiversity International (Italie), International Rice Research Institute (Irri, Philippines), Centre informatique national de l'enseignement supérieur (Cines, France).



analysé et les résultats de l'analyse automatique ont été confrontés à des données expérimentales issues de la littérature. Il ressort de cette analyse que le pipeline choisi a des performances de prédiction d'orthologues significativement supérieures aux meilleurs outils de prédiction connus par ailleurs.

Afin d'organiser les données de familles de gènes et offrir un accès simplifié aux données de prédiction fonctionnelle, une base de données, GreenPhylDB, a été créée. C'est actuellement la plus grande base de données de familles protéiques de plantes. GreenPhylDB est connectée avec d'autres bases de données, afin de faciliter les analyses fonctionnelles comparatives entre *O. sativa* et *A. thaliana*. Ces données publiques sont exploitées par de nombreuses équipes dans le monde.

Des espèces modèles aux espèces cultivées

Les outils Gost (*GreenPhyl orthologous search tool*) et i-Gost permettent de prédire de manière automatisée les équivalents fonctionnels entre une (Gost) ou plusieurs (i-Gost) séquences d'espèces orphelines et *O. sativa* ou *A. thaliana*. Très simples d'utilisation, ils permettent de transférer aisément les informations de l'espèce modèle vers l'espèce d'intérêt agronomique à partir d'un jeu de séquences de fonction inconnue. Afin d'enrichir les prédictions, l'ensemble des séquences des génomes de 10 nouvelles espèces végétales ont été intégrées dans les familles de gènes de GreenPhylDB, avec un taux de succès qui oscille entre 85 à 95 %. Il s'agit des génomes de la vigne, de *Populus trichocarpa*, d'une mousse (*Physcomitrella*

patens), du sorgho, de *Selaginella mosen-doffori*, du soja, de *Medicago truncatula* et de trois algues (*Chlamydomonas reinhardtii*, *Ostreococcus tauri*, *Cyanidioschyzon merolae*). Une analyse globale est en cours.

Les nouvelles techniques de séquençage et la baisse des coûts vont conduire très prochainement au séquençage complet ou partiel d'autres génomes de plantes d'intérêt agronomique, en particulier tropicales. Les travaux portent actuellement sur un outil, adossé à i-Gost, pour annoter automatiquement les nouveaux génomes végétaux en exploitant les données existant sur les espèces modèles. D'un point de vue fondamental, ces travaux vont permettre de retracer l'apparition de gènes clés du développement au cours de l'évolution des plantes terrestres et de tester leur fonction à différents niveaux taxonomiques, depuis les plantes inférieures, comme les mousses, jusqu'aux angiospermes et aux gymnospermes. L'« abominable mystère » de Darwin trouvera peut-être un jour son épilogue grâce à ces travaux.

Contact

Christophe PÉRIN,
Développement et amélioration
des plantes (Dap)

Une équipe du Cirad a recherché tous les orthologues entre *Oryza sativa*, l'espèce modèle des monocotylédones, et *Arabidopsis thaliana*, l'espèce modèle des dicotylédones.



Conte M.G., Gaillard S., Lanau N., Rouard M., Périn C., 2008. GreenPhylDB: a database for plant comparative genomics. *Nucleic Acids Research*, 36 (Database issue) : D991-8.

Conte M.G., Gaillard S., Rouard M., Périn C., 2008. Phylogenomics of plant genomes: a methodology for genome-wide searches for orthologs in plants. *BMC Genomics*, 9 : 183.

Droc G., Périn C., Fromentin S., Larmande P., 2009. OryGenesDB 2008 update: towards database interoperability for functional genomics of rice. *Nucleic Acids Research*, 37 (Database issue) : D992-5.

GreenPhylDB : greenphyl.cirad.fr

Gost : greenphyl.cirad.fr/cgi-bin/gost.cgi

UN MÉCANISME UNIFIÉ du transport de l'auxine pour expliquer la formation des organes

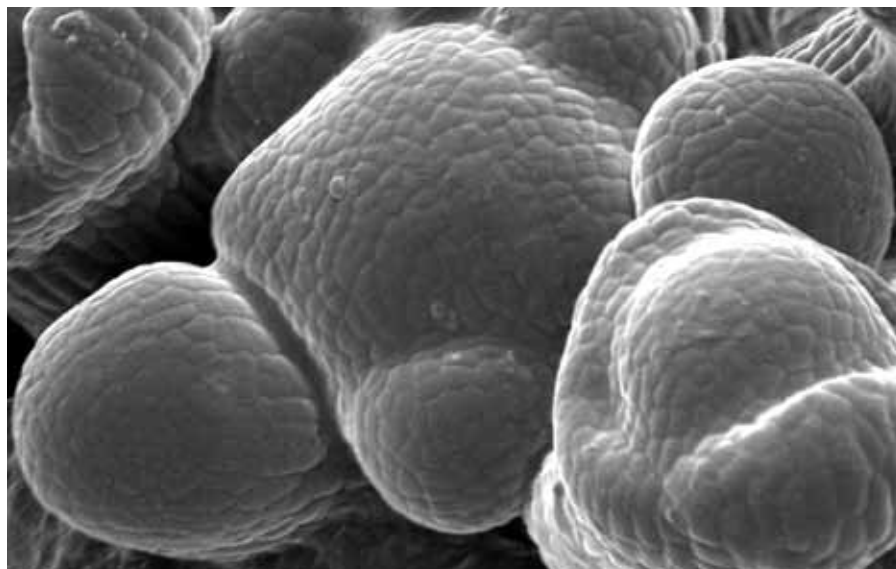
Chez les plantes, la création de nouveaux organes au niveau du méristème apical est régulée par un mécanisme de transport de l'auxine. L'auxine est transportée de cellule en cellule par des protéines membranaires, localisées de façon polaire dans chaque cellule, qui permettent à la plante d'accumuler localement l'auxine. C'est cette accumulation qui déclenche l'organogenèse. Mais quel mécanisme régule la polarisation de ces protéines ? A l'aide d'une démarche de modélisation intégrative, une équipe a démontré qu'une approche fondée sur le renforcement des flux peut rendre compte à la fois de la vascularisation et de la formation des organes.

Les plantes poussent par l'extrémité de leurs tiges au niveau de petits territoires cellulaires appelés méristèmes. Ces derniers contiennent des cellules indifférenciées qui se divisent tout au long de la vie de la plante et qui donnent naissance aux différents organes : feuilles, sépales, pétales, organes sexuels... Chez la plupart des plantes, ces organes présentent une organisation remarquable, sous forme de spirales ou de combinaisons de plusieurs spirales. Ces arrangements, étudiés depuis des siècles par les scientifiques, forment ce que l'on appelle la phyllotaxie. Ces études ont montré qu'il est possible d'expliquer la plupart des motifs phyllotaxiques par une loi géométrique simple. Celle-ci repose sur l'hypothèse que les organes récemment formés empêchent que de nouveaux organes se forment dans leur voisinage immédiat. Tout se passe comme si les jeunes organes émettaient un « champ d'inhibition » autour d'eux tendant à interdire l'apparition de nouveaux organes dans leur voisinage immédiat. La capacité explicative de ce modèle a été testée

avec succès pour de nombreux motifs et a conduit la communauté scientifique à en faire le « modèle standard » de la phyllotaxie. Aujourd'hui, les scientifiques se sont mis à la recherche de l'origine physique ou biochimique de ces champs d'inhibition. Pour cela la recherche s'est tournée vers la biologie moléculaire et cellulaire ainsi que vers les techniques d'imagerie microscopique. Depuis une dizaine d'années,

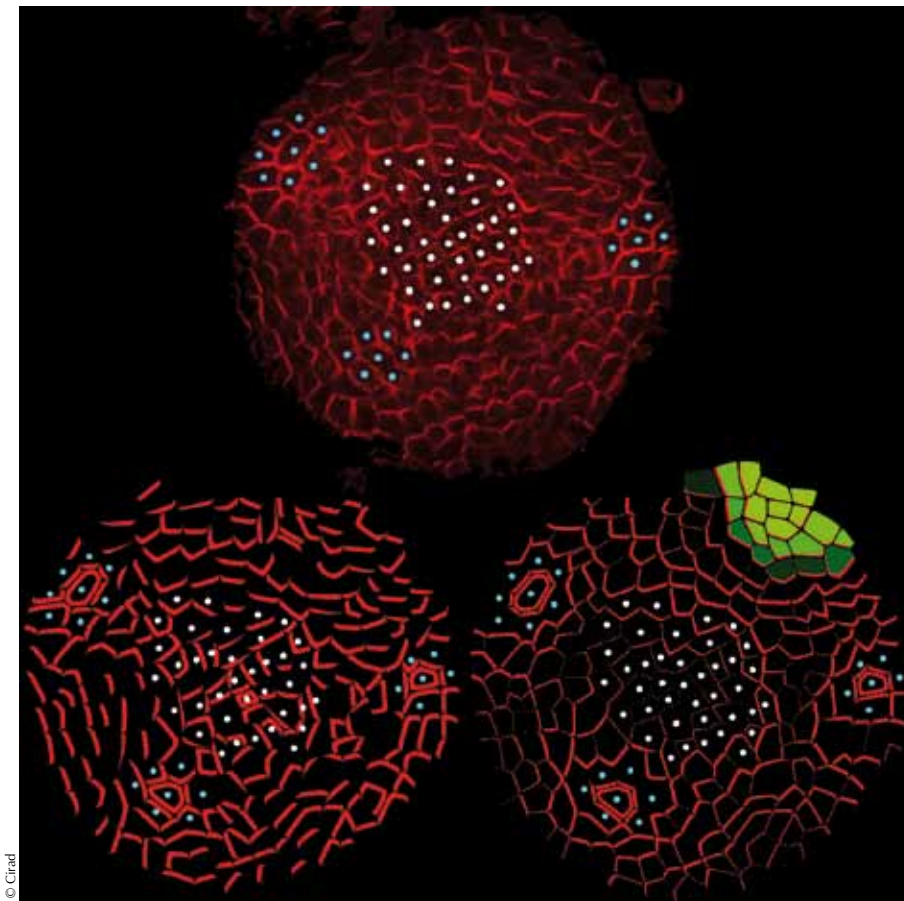
plusieurs équipes pluridisciplinaires de biologistes et de modélisateurs se penchent sur les fondements de ce mécanisme.

Méristème apical floral d'Arabidopsis vu en microscopie électronique. Tout autour de la zone centrale, des organes — ici les jeunes fleurs — se forment à intervalle régulier. Ils sont organisés le plus souvent en spirale. L'angle entre deux organes consécutifs est relativement stable autour de la célèbre valeur de 137°, qui correspond à l'angle d'or.



Partenaire

Ecole normale supérieure de Lyon.



Transport de l'auxine dans un méristème virtuel : comparaison entre simulations et données expérimentales.

En haut : vue du dessus de la distribution observée des transporteurs membranaires (protéines PIN1) dans les cellules du méristème apical d'*Arabidopsis thaliana*. Cette image a été obtenue par immunomarquage des protéines PIN1 en microscopie confocale.

En bas à gauche : version numérisée de l'image du haut où les transporteurs (en rouge) ont été positionnés manuellement au niveau de chaque paroi de cellule numérisée.

En bas à droite : simulation de la distribution des transporteurs dans les cellules issue de l'utilisation de l'hypothèse de polarisation par renforcement des flux. Les deux motifs de transporteurs, réel et simulé, sont complexes et l'on montre qu'ils sont quantitativement très proches.

En vert, le lieu d'accumulation d'auxine prédit par le modèle, loin des organes précédemment formés indiqués par les points bleu ciel.

Deux hypothèses pour expliquer la régulation de la polarisation

Ces travaux ont montré que la création de nouveaux organes au niveau du méristème apical est régulée par un mécanisme de transport de l'auxine à l'échelle cellulaire. L'auxine est transportée de cellule en cellule par l'action coordonnée de transporteurs membranaires de la famille PIN, localisés de façon polaire dans chaque cellule. Ces protéines créent de véritables circuits de transport qui permettent à la plante d'accumuler localement l'auxine près de l'apex. C'est cette accumulation qui déclenche l'organogenèse.

Deux hypothèses principales concernant le mécanisme de régulation de la polarisation des protéines PIN ont été avancées. L'une, basée sur l'idée de renforcement des flux d'auxine, permet d'expliquer la formation du réseau vasculaire qui alimentera l'organe, à l'instar de la formation des veines dans les feuilles, l'autre, fondée sur une amplification locale des concentrations d'auxine, permet d'expliquer le positionnement des organes à la surface du méristème.

Un mécanisme unifié du transport de l'auxine

Une équipe associant le Cirad, l'Inria et l'Inra, en collaboration avec l'Ecole normale supérieure de Lyon, vient de montrer, à l'aide d'une démarche de modélisation intégrative, qu'une approche fondée sur la seule hypothèse du renforcement des flux est en réalité suffisante pour rendre compte des deux phénomènes d'initiation des organes et de vascularisation. Elle est parvenue, pour la première fois, à reproduire fidèlement les motifs complexes de protéines PIN observés dans le méristème.

Ce résultat se fonde sur la comparaison de la distribution des transporteurs membranaires dans les cellules du méristème apical d'*Arabidopsis thaliana*, obtenue par immunomarquage des protéines en microscopie confocale, et de la simulation de cette distribution issue d'un modèle basé sur l'hypothèse de polarisation par renforcement des flux. Les deux motifs, réel et simulé, sont complexes mais quantitativement très proches.

Cette approche unifiée du transport de l'auxine dans les tissus végétaux va faire

l'objet d'expérimentations qui permettront à terme de vérifier la validité de ces différentes hypothèses.

Contact

Christophe GODIN,
Equipe du projet Inria virtual plant,
Développement et amélioration
des plantes (Dap)

Barbier de Reuille P., Bohn-Courseau I., Ljung K., Morin H., Carraro N., Godin C., Traas J., 2006. Computer simulations reveal novel properties of the cell-cell signaling network at the shoot apex in *Arabidopsis*. PNAS, 103 : 1627-1632.

Stoma S., Lucas M., Chopard J., Scheadel M., Traas J., Godin C., 2008. Flux-based transport enhancement as a plausible unifying mechanism for auxin transport in meristem development. PLoS Computational Biology, 4, doi : 10.1371/journal.pcbi.v04.i10.

En savoir plus

L'équipe du projet Digiplante

Le projet Digiplante, qui associe l'Inria, l'ECP et le Cirad, s'intéresse à la production végétale dans ses aspects architecturaux et écophysiologiques, afin de modéliser les rétroactions entre croissance et développement sous l'influence de l'environnement, l'environnement étant lui-même modélisé sous la forme d'un « paysage fonctionnel ». Actuellement, l'équipe du projet est composée de cinq membres permanents et d'une quinzaine d'étudiants. Elle collabore avec le Liama — le laboratoire franco-chinois de l'institut d'automatique — et avec les agronomes de l'université d'agriculture de Pékin, et bénéficie de la collaboration des mathématiciens de l'Inria et de celle des écophysiologistes du Cirad, de l'Inra et de l'université de Wageningen. Le modèle GreenLab, qui est issu de ces travaux, est expérimenté dans les champs et les serres sur de nombreuses plantes cultivées en Chine comme en France et en Hollande. Les méthodes inverses et les techniques de contrôle mises au point dans le cadre du projet Digiplante offrent de nouvelles

applications pour l'agriculture, que ce soit dans le domaine de la sélection ou de l'optimisation des itinéraires culturaux. Le modèle GreenLab a fait l'objet de nombreuses publications et de thèses. Digiplante est membre fondateur du colloque international franco-chinois PMA sur la modélisation des plantes et ses applications, qui en est à sa troisième édition.

Contact

Philippe DE REFFYE,
botanique et bio-informatique
de l'architecture des plantes (Amap)

Partenaires

Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria, France), Institut de recherche pour le développement (IRD, France), Université Montpellier II, Centre national de la recherche scientifique (CNRS, France), Ecole centrale de Paris (ECP, France), AgroParisTech, Institut de recherche pour l'ingénierie de

l'agriculture et de l'environnement (Cemagref, France), Institut technique de la betterave (ITB, France), Laboratoire d'informatique, d'automatique et de mathématiques appliquées (Liama, Chine), Université agricole de Chine

En savoir plus

De Reffye P., Heuvelink E., Barthélémy D., Cournède P.H., 2008. Biological and mathematical concepts for modelling plant growth and architecture. In : Encyclopedia of ecology, Jorgensen D.E. et Fath B. Amsterdam : Elsevier.

Kang M.Z., Cournède P.H., de Reffye P., Auclair D., Hu B.G., 2008. Analytical study of a stochastic plant growth model: application to the GreenLab model. Mathematics and Computers in Simulation, 78 : 57-75.

Zhang X., Liu J., Li Z., Jaeger M., 2008. Volume decomposition and hierarchical skeletonization. In : VIIth ACM Siggraph international conference on virtual-reality continuum and its applications in industry, Singapour, 8-9 décembre 2008.

Site

www.amap.cirad.fr

Conserver et exploiter la diversité des vanilliers : une collection de référence à la Réunion

La vanille est le produit de la préparation des fruits aromatiques d'une orchidée du genre *Vanilla*. Ce genre comprend plus de cent espèces dont la plus cultivée, *V. planifolia*, est originaire du Mexique et appréciée dans le monde entier. Les espèces cultivées et sauvages de vanilliers sont encore mal connues et la plupart sont menacées dans leur aire d'origine. C'est pourquoi une collection de vanilliers a été installée à la Réunion pour protéger et caractériser ces ressources génétiques indispensables à l'amélioration de la culture.

Cette collection mondiale, riche aujourd'hui de plus de 400 clones indemnes de virus, comporte une trentaine d'espèces couvrant les différentes sections et sous-sections du genre. Les marqueurs génétiques qui ont été mis au point montrent que la plupart des *V. planifolia* cultivés dérivent d'un seul génotype. Une certaine diversité a cependant été révélée ; elle est due à de rares phénomènes de reproduction sexuée et de polyploïdisation. Mais elle demeure faible et rend les vanilliers cultivés extrêmement vulnérables aux aléas environnementaux. Les travaux en cours visent à conserver et à accroître la diversité génétique, à identifier les accessions présentant des caractères d'intérêt agronomique, comme la résistance aux maladies et l'arôme, et à élucider l'histoire évolutive du groupe taxonomique complexe que forment les vanilliers.

Contact

Michel GRISONI, Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (PVBMT)

Partenaires

Centre national de la recherche scientifique (CNRS, France), Etablissement Vanille de Tahiti (Polynésie française), Maison des épices (Comores), Muséum national d'histoire naturelle (MNHN, France), Producteurs de vanille de la Réunion, Région Réunion, Royal Botanic Gardens Kew (Royaume-Uni), Universités de la Réunion et Paris XI (France), University of California Riverside (Etats-Unis).

En savoir plus

Bory S., Catrice O., Brown S., Leitch I., Gigant R., Chiroleu F., Grisoni M., Duval M.F., Besse P., 2008. Natural polyploidy in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). Genome, 51 : 816-826.

Bory S., Lubinsky P., Risterucci A.M., Noyer J.L., Grisoni M., Duval M.F., Besse P., 2008. Patterns of introduction and diversification of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) in Reunion island (Indian Ocean). American Journal of Botany, 95 : 805-815.

Grisoni M., Moles M., Besse P., Bory S., Duval M.F., Kahane R., 2007. Towards an international plant collection to maintain and characterize the endangered genetic resources of vanilla. Acta Horticulturae, 760 : 83-91.

Vanillier indemne
de virus conservé
in vitro.



La morphologie des fleurs
demeure indispensable
pour identifier les espèces
de vanillier.

LA TRANSGENÈSE

de l'hévéa, un outil pour comprendre les mécanismes de réponse aux stress

La saignée de l'hévéa, qui permet de récolter son latex, provoque chez l'arbre un stress récurrent. Pour comprendre les bases moléculaires de la tolérance à ce stress d'exploitation et de la production du caoutchouc, une démarche de génétique inverse a été choisie. Elle repose sur la caractérisation fonctionnelle de gènes potentiellement impliqués dans ces mécanismes. Une équipe du Cirad a développé un procédé de transgenèse qui permet de cibler l'expression de transgènes et d'étudier leurs fonctions. Une première étape dans l'exploration de la réponse de l'arbre aux stress.

Le latex synthétisé dans les cellules laticifères de l'hévéa est récolté par saignée de l'écorce superficielle. Pour stimuler sa production, on applique sur le panneau de saignée de l'éthéphon, qui améliore à la fois l'écoulement du latex et sa régénération entre deux saignées. Dans certains cas, cette exploitation engendre un arrêt de l'écoulement du latex. Ce syndrome de l'encoche sèche, ou *tapping panel dryness* (TPD), serait dû à la production d'éthylène endogène et au stress oxydatif.

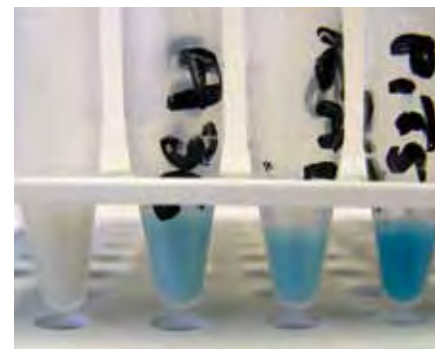
Afin de comprendre les bases moléculaires de la tolérance aux stress d'exploitation et de la production du caoutchouc, une démarche de génétique inverse a été choisie. Elle repose sur la création de plantes transgéniques, qui surexpriment ou sous-

expriment un gène candidat. Dans le cas présent, il s'agit des gènes impliqués dans la biosynthèse et la signalisation de l'éthylène et du jasmonate et dans la réponse cellulaire : biosynthèse du caoutchouc, détoxification des radicaux libres... Ils ont été caractérisés en réponse aux stress chez trois clones d'hévéa à métabolisme contrasté.

La transformation génétique : un outil pour élucider la fonction des gènes

Les plantes transgéniques modifiées sont des sources d'information essentielles sur les fonctions impliquées dans la production des cultures. Grâce aux travaux réalisés avec les universités de Mahidol et de Kasetsart, en Thaïlande, et l'Institut français du caoutchouc, le Cirad maîtrise depuis plusieurs années un procédé de transformation génétique de l'hévéa. Ce procédé lui a permis de conduire une étude fine de la régulation de la production du caoutchouc naturel.

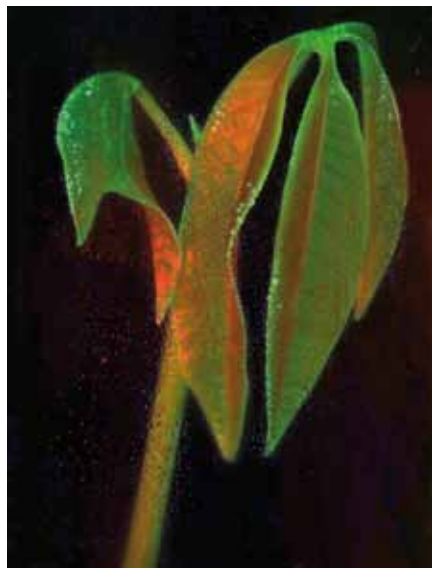
Ce procédé se fonde sur des lignées de cals embryogènes de qualité et sur une méthode de transfert de gènes par l'intermédiaire d'*Agrobacterium tumefaciens*. Des lignées de cals friables à forte capacité de régénération de plantes par embryogenèse somatique sont utilisées pour la transformation du clone PB 260. En cultivant à basse température ces cals embryogènes



Comparaison des activités GUS dans du latex d'une plante sauvage et de trois plantes transgéniques ayant intégré le gène gusA sous le contrôle du promoteur 35S du virus de la mosaïque du chou-fleur.

Partenaires

Universités de Mahidol et de Kasetsart (Thaïlande), Institut français du caoutchouc, Chinese Academy for Tropical Agricultural Sciences (Catas).



© P. Montoro/Cirad

Fluorescence observée dans une plante transgénique éclairée aux UV exprimant un gène rapporteur codant la green fluorescent protein (GFP).

avec la souche EHA 105 de la bactérie, on obtient plusieurs milliers d'événements de transformation par gramme de cals. Les lignées transgéniques de cals sont ensuite isolées, cryoconservées et leur nombre de copies d'ADN de transfert est analysé par hybridation moléculaire de type Southern. Avec ce procédé, des centaines de plantes ont d'ores et déjà été régénérées ; elles sont issues de dizaines de lignées comportant le gène rapporteur codant la b-glucuronidase (GUS) sous le contrôle du promoteur 35S du virus de la mosaïque du chou-fleur. L'utilisation de la GFP (*green fluorescent protein*) comme marqueur visuel couplée à la sélection par antibiotique a permis de raccourcir la phase de sélection des cellules transgéniques de six à trois mois et de multiplier son efficacité par deux. Plus

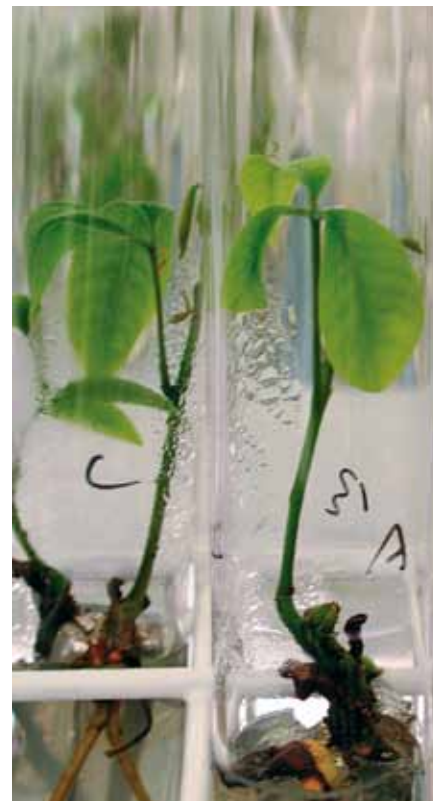
Plantes transgéniques d'hévéa en cours de germination en culture in vitro.

récemment, des lignées transgéniques ont pu être sélectionnées visuellement avec la GFP sans l'apport d'antibiotique.

Localiser l'expression de transgènes

Le ciblage de l'expression d'un transgène dans les cellules laticifères a été réalisé en utilisant le promoteur du gène *HEV2.1* codant l'hévéine, une agglutinine impliquée dans la coagulation des particules de caoutchouc. L'analyse fonctionnelle de ce promoteur montre que le gène *HEV2.1*, que l'on supposait spécifiquement exprimé dans le latex, ne l'est qu'au niveau des tissus non photosynthétiques. Induite par la lumière, son expression a été localisée par hybridation in situ dans tous les tissus de la feuille. D'autres promoteurs vont être étudiés pour cibler l'expression de transgènes dans des tissus appropriés.

La création de plantes transgéniques est à la base des études sur la signalisation hormonale des stress et la tolérance au stress oxydatif. Par exemple, la surexpression du gène codant la superoxyde dismutase, une enzyme impliquée dans la détoxification des espèces activées d'oxygène, permet d'obtenir une variabilité phénotypique importante en cours de caractérisation. Les travaux vont se poursuivre afin de développer une technique d'extinction génique grâce à l'ARN interférent. Ils porteront également, en partenariat avec l'université du Catas en Chine, sur la caractérisation



© P. Montoro/Cirad

des facteurs de transcription susceptibles de coordonner un réseau de gènes impliqués dans la tolérance aux stress d'exploitation et au froid et, en liaison avec des équipes européennes et asiatiques, sur l'allergie au latex et la résistance aux stress abiotiques.

Contact

Pascal MONTORO,
Développement et amélioration
des plantes (Dap)

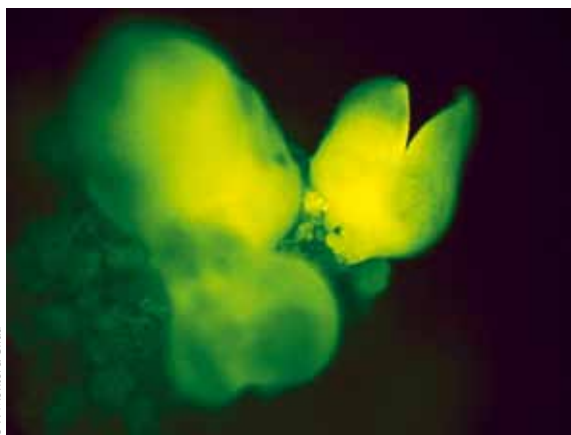
En savoir plus

Lardet L., Bénistant E., Leclercq J., Martin F., Oliver G., Montoro P., 2008. Comparison of GUS activity in self-rooting and budded primary transformant plants in *Hevea brasiliensis*. In : IRRDB natural rubber conference. Kuala Lumpur : MRB.

Leclercq J., Gébelin V., Martin F., Lardet L., Rio M., Chabaud M., Ayar A., Montoro P., 2008. Etude de l'expression de gènes impliqués dans la régulation du stress oxydatif chez *Hevea brasiliensis*. In : Biologie moléculaire des ligneux. Nancy : Inra.

Montoro P., Lagier S., Baptiste C., Marteaux B., Pujade-Renaud V., Leclercq J., Alemanno L., 2008. Expression of the *HEV2.1* gene promoter in transgenic *Hevea brasiliensis*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 94 : 55-63.

© P. Montoro/Cirad



Fluorescence observée dans un embryon somatique transgénique d'hévéa ayant intégré le gène rapporteur codant la green fluorescent protein (GFP).

UNE MÉTHODE FIABLE

de détection du virus de la mosaïque des bractées des bananiers

Lors de l'introduction aux Antilles de vitroplants de bananiers, les services de la protection des végétaux ont diagnostiqué le virus de la mosaïque des bractées. Ce virus, responsable d'une grave maladie des bananiers, sévit dans quelques pays d'Asie et du Pacifique, mais épargne les Caraïbes et l'Amérique latine. Face à la menace réelle d'introduction du virus aux Antilles, le Cirad a mis au point, en moins d'un an, un test moléculaire plus performant que les méthodes de détection disponibles jusqu'à présent.



Le bananier, naturellement infertile, est propagé végétativement sous forme de vitroplants issus de culture in vitro. Ce mode de propagation intensive, qui facilite l'échange de matériel indemne, peut aussi être à l'origine de la dissémination massive de virus lorsque le plant de départ est infecté. En effet, les virus échappent, pour la plupart, aux techniques classiques d'élimination des agents pathogènes, comme la thermothérapie, le microbouturage d'apex ou la culture in vitro. Il est alors indispensable de disposer systématiquement de méthodes de détection performantes lors d'introductions et d'échanges de matériel végétal entre zones et pays.

Partenaires

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Laboratoire départemental d'analyses de Mâcon, Laboratoire de la protection des végétaux de Martinique, Laboratoire national de la protection des végétaux d'Angers.

Mosaïque des bractées du bananier sur le cultivar Cavendish petite naine et particules virales filamenteuses flexueuses.

© Cirad

Le virus de la mosaïque des bractées des bananiers

Lors de l'introduction de vitroplants de bananier aux Antilles, les services de la protection des végétaux ont diagnostiqué, au cours de contrôles de routine fondés sur la méthode Elisa, le virus de la mosaïque des bractées des bananiers, le BBrMV (*Banana bract mosaic virus*). Ce potyvirus, responsable d'une grave maladie des bananiers, notamment des plantains, sévit dans quelques pays d'Asie et du Pacifique, mais épargne les Antilles et l'Amérique latine. Il est transmis par des pucerons, tous présents aux Antilles, et provoque généralement peu de symptômes sur les bananes du cultivar Cavendish jusqu'à l'apparition des bractées mosaïquées, typiques de la maladie.

En utilisant des approches moléculaires complémentaires de celles développées par les services de la protection des végétaux, le Cirad a confirmé la présence du virus sur les vitroplants. Il a également, à cette occasion, révélé la faiblesse des tests de détection moléculaires disponibles et, à la demande pressante du ministère de l'Agriculture, a mis au point une méthode moléculaire fiable et sensible pour déceler le virus.

Une méthode de détection fiable et sensible

L'objectif était de proposer une détection adaptée aux exigences des quarantaines et des échanges de matériel végétal, pour lesquels le taux de virus dans les échantillons testés est le plus souvent relativement faible. La méthode développée consiste en une étape de capture sérologique spécifique du virus (*immunocapture*, IC) suivie des deux réactions moléculaires, la transcription inverse (*reverse transcription*, RT) et l'amplification en chaîne par polymérase (*polymerase chain reaction*, PCR), qui permettent d'amplifier un génome viral de type ARN. Le tout est réalisé simultanément dans un même tube. Les amorces moléculaires sont localisées sur la partie centrale et C-terminale du gène de la protéine de capsid, une zone fortement conservée chez les potyvirus

pour tous les isolats d'un même virus. Afin d'avoir un large spectre de détection du virus, les amorces ont été choisies à partir de l'alignement des séquences des 23 isolats disponibles sur la banque de gènes GenBank. La méthode ainsi développée repose sur des kits commerciaux proposant des enzymes fiables et performantes.

Grâce à cette méthode, il est possible de détecter le virus dans des broyats de feuilles de bananiers testés de manière isolée jusqu'à une dilution de 1×10^{-10} , mais aussi dans un mélange de 10 échantillons de plante pour de faibles concentrations du virus non détectables par Elisa.

Ce travail, réalisé en moins d'une année, permet désormais aux laboratoires des services de la protection des végétaux de disposer d'une méthode moléculaire de détection du virus de la mosaïque des bractées des bananiers fiable et sensible,

même à des concentrations extrêmes. Des expérimentations destinées à valider les critères de performance de cette méthode sont en cours afin de la proposer comme la méthode standard internationale.

Contact

Marie-Line CARUANA,
Biologie et génétique
des interactions plantes-parasites
(BGPI)

Iskra-Caruana M.L., Galzi S., Laboureau N., 2008. A reliable IC one-step RT-PCR method for the detection of BBMV to ensure safe exchange of Musa germplasm. *Journal of Virological Methods*, 153 : 223-231.

En savoir plus

De nouvelles méthodes de taxonomie et d'identification des bactéries du genre *Xanthomonas*

La classification des bactéries du genre *Xanthomonas* est problématique pour deux raisons. D'une part, le concept d'espèce est particulièrement controversé chez les bactéries. D'autre part, du fait de la forte spécialisation des *Xanthomonas* pour leurs hôtes, il est indispensable d'introduire, dans cette classification, la notion de pathovar. Afin d'élucider la position taxonomique des *Xanthomonas* pathogènes des anacardiées, les phytopathologistes du Cirad ont appliqué les recommandations des derniers comités internationaux de taxonomie bactérienne.

La démarche qu'ils ont suivie combine le typage génétique, l'hybridation génomique, le séquençage et la détermination du pouvoir pathogène. Elle a permis d'identifier trois maladies distinctes causées par trois pathovars, chacun spécialisé sur un seul hôte. Le pathovar *mangiferaeindicae* est responsable de la maladie des taches noires du manguier, le pathovar *anacardii* provoque la bactériose de l'anacardier, ou noix de cajou, et le pathovar *spondiae* le dépérissement du prunier de Cythère. Les deux premiers pathovars appartiennent, avec d'autres agents pathogènes, à l'espèce *X. citri* dont la description a été amendée à l'occasion de cette étude. Le troisième fait partie de l'espèce *X. axonopodis*. Les relations

évolutives suggérées par cette classification concordent avec les caractéristiques de pouvoir pathogène de ces organismes.

Cette nouvelle approche est plus fiable et plus facile à mettre en œuvre que les méthodes classiques auxquelles elle pourra se substituer pour le diagnostic des maladies bactériennes.

Contact

Lionel GAGNEVIN,
Peuplements végétaux et bioagresseurs
en milieu tropical (PVBMT)

Partenaires

Institut Pasteur (France),
Université Claude Bernard (France)
Financement : Conseil régional de la Réunion,
Union européenne

En savoir plus

Ah-You N., Gagnevin L., Chiroleu F., Jouen E., Neto J.R., Pruvost O., 2007. Pathological variations within *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae* support its separation into three distinct pathovars that can be distinguished by amplified fragment length polymorphism. *Phytopathology*, 97 : 1568-1577.

Ah-You N., Gagnevin L., Grimont P., Brisse S., Nesme X., Chiroleu F., Bui Thi Ngoc L., Jouen E., Lefeuvre P., Vernière C., Pruvost O., 2009. Polyphasic characterization of xanthomonads pathogenic to *Anacardiaceae* and their relatedness to different *Xanthomonas* species. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 59 : 306-318.

La plupart des représentants connus du genre *Xanthomonas* sont responsables de maladies de plantes. Les bactéries de ce genre ont la particularité d'être très spécialisées ; elles n'attaquent en général qu'une plante ou une famille de plantes. Les phytopathologistes ont dû inventer le terme de pathovar, division qui regroupe les bactéries responsables d'une maladie sur une plante. Il existe plus de 140 pathovars dans le genre *Xanthomonas*, dont certains sont responsables de maladies très dommageables pour l'agriculture, comme le pathovar *citri* responsable du chancre bactérien des agrumes ou le pathovar *oryzae* à l'origine d'une grave maladie du riz, la bactériose vasculaire.

RAISONNER

l'intensification écologique

dans le Nordeste du Brésil

Dans la région semi-aride du Nordeste du Brésil, la déforestation de la végétation native — la caatinga — pour cultiver des fourrages destinés à l'élevage bovin a entraîné dans certaines zones sa totale disparition. Pour évaluer la durabilité de ces systèmes de production, des chercheurs du Cirad et de l'Embrapa ont analysé les flux de biomasse au sein d'un échantillon d'exploitations et dressé un bilan de leur fonctionnement à l'échelle d'une saison agricole. Une étude qui remet à l'ordre du jour les travaux sur la valorisation de cette caatinga.

Dans la région semi-aride du Brésil, les producteurs disposent de faibles ressources financières, ce qui limite leurs possibilités d'achat d'intrants, notamment d'engrais. Parallèlement, la forte croissance démographique entraîne une pression sur les ressources naturelles, qui se traduit par la défriche de la végétation native : la *caatinga*. Des chercheurs du Cirad et de l'Embrapa ont étudié l'impact des pratiques de gestion de la fertilité du sol sur la durabilité des systèmes de production afin de proposer des modes d'intensification fondés sur une meilleure valorisation des ressources. Leur hypothèse est que l'analyse des flux de biomasse peut permettre de caractériser les pratiques de

gestion et d'élaborer des indicateurs de la durabilité du système de production. Ces flux de biomasse, habituellement traduits en bilans minéraux, ont un impact sur d'autres ressources de l'exploitation qu'il convient aussi d'estimer.

Identifier et décrire les flux de biomasse

La démarche consiste à identifier, au sein des exploitations, des espaces de production et de concentration de biomasse ainsi que des flux de transferts, importation et exportation, de biomasse sur et entre ces espaces. L'échantillon analysé est constitué de 14 exploitations aux structures de production diversifiées.

Pour chaque exploitation, les différents espaces et flux de biomasse sont décrits et quantifiés sur la base de l'enregistrement mensuel de leurs pratiques par les agriculteurs, de mesures GPS de surfaces et de biomasse sur les parcelles cultivées (grains, pailles, fèces) et d'entretiens semi-directifs avec les producteurs.

La description des systèmes de production doit permettre de traduire les principaux flux en indicateurs de diagnostic. Pour analyser la durabilité des systèmes étudiés, un modèle simplifié a ensuite été construit. Il simule l'évolution pluriannuelle des systèmes de production et des indicateurs. À partir du diagnostic, des pistes d'amélioration ont été discutées avec les agriculteurs.

*Défriche de la caatinga pour l'implantation de *Cenchrus ciliaris*.*



Une méthode pour le diagnostic de la durabilité des exploitations

Chaque flux de biomasse se traduit par un bilan négatif ou positif sur les ressources minérales, fourragères, animales, forestières... de l'exploitation. L'identification de ces flux et leur traduction en bilans permettent d'analyser les effets des décisions prises par les producteurs sur les ressources de l'exploitation et de porter un diagnostic sur sa durabilité.

Le modèle construit a permis d'estimer l'évolution de ces bilans sur le long terme. Il fonctionne sur un pas de temps saisonnier et simule la production de biomasse de quatre types d'espaces fourragers — pâturages semés de *capim buffel* (*Cenchrus ciliaris*), sorgho cultivé pour l'ensilage, *palma* (*Opuntia ficus-indica*) coupé et distribué aux animaux pendant la saison sèche, *caatinga* — grâce à des références saisonnières modulées en fonction du type d'année (bonne ou mauvaise). Il simule également l'évolution du stock d'éléments minéraux pour chacun des

espaces, celle des effectifs animaux, en tenant compte de taux moyens de mortalité, de la fécondité, de la prolificité... et celle des stocks de *caatinga*. Quatre types de décision régissent l'évolution de ces différents bilans : constitution de stocks fourragers, défriche de la végétation native, alimentation des animaux à partir du pâturage de *capim buffel*, des surfaces de réserve ou des stocks de sorgho, ventes des animaux. Ce simulateur a été validé avec des agriculteurs qui ne faisaient pas partie du réseau d'enquêtes.

A partir de ces indicateurs et de ce modèle de simulation, une réflexion s'est engagée avec les chercheurs brésiliens. Elle a mis en évidence la nécessité de poursuivre les recherches sur la valorisation de la *caatinga* grâce à l'exploitation des espèces utiles. Avec les agriculteurs, les discussions ont porté sur l'impact des pratiques sur la durabilité des systèmes de production : bilan minéral et fourrager, effectif des animaux et stock de *caatinga*.

Améliorer les performances des systèmes de production

Le suivi des pratiques a aussi mis en évidence plusieurs niveaux de complexité entre les systèmes, qui se traduisent par des performances variables, depuis les

systèmes en phase d'installation, qui ont peu d'espaces et mobilisent peu de flux de biomasse, jusqu'aux systèmes diversifiés, qui peuvent faire face aux risques climatique et économique.

Avec chaque type de producteur, des options spécifiques ont été discutées et testées. Pour les producteurs laitiers, par exemple, qui ont une faible autonomie (achat de stocks fourragers) et valorisent peu les ressources fourragères de la *caatinga*, des techniques visant à sélectionner les essences forestières de la *caatinga* ont été proposées.

Contact

Nadine ANDRIEU,
Innovation et développement
dans l'agriculture et l'agroalimentaire
(Innovation)

Andrieu N., Piraux M., Tonneau J.P., 2007. Design of sustainability indicators of the production systems in Brazilian semi-arid area by the analysis of biomass flows. *International Journal of Sustainable Development*, 10 : 106-121.

Andrieu N., Tonneau J.P., 2007. Gestion agroécologique de la *caatinga* pour les agriculteurs familiaux du Sertão : une alternative à la désertification ? *Bois et forêts des tropiques*, 293 : 9-21.

En savoir plus

Partenaire

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, Brésil).



Prairie permanente à base de *Cenchrus ciliaris* clôturée dans le Nordeste du Brésil.

CONCEVOIR des bananeraies sans pesticide : les apports de la modélisation

Pour créer des systèmes de culture non polluants, il faut remplacer les pesticides par des mécanismes écologiques et les agencer au sein de systèmes performants. Mais comment gérer ces systèmes complexes, où les interactions jouent un rôle prépondérant ? Et quel système est le mieux à même de concilier productivité et protection de l'environnement ? La modélisation, qui permet de gérer un ensemble de connaissances sur l'agrosystème et de prédire l'effet de pratiques innovantes sur son fonctionnement, peut répondre à ces impératifs. Elle est utilisée au Cirad, dans le cas des bananeraies, pour sélectionner les systèmes les plus prometteurs.

Pour concevoir des systèmes de culture non polluants, il est indispensable de remplacer les pesticides par des mécanismes écologiques et de les agencer, dans le temps et dans l'espace, au sein des systèmes de culture. Dans le cas des bananeraies, le Cirad a développé des outils de modélisation pour intégrer les connaissances sur l'écologie, l'agronomie et la défense des cultures et simuler le fonctionnement de l'agrosystème. Ces outils permettent de prévoir l'effet de combinaisons innovantes de pratiques culturales et aident à sélectionner les systèmes de production les plus prometteurs, aussi bien du point de vue environnemental qu'économique. Utilisée de cette façon, la modélisation permet

également de repérer les lacunes dans les connaissances nécessaires au développement de nouveaux modes de production.

Intégrer les connaissances dans des outils prédictifs

Les bananeraies, comme tous les agrosystèmes, se caractérisent par l'interaction de nombreux processus physiques, chimiques et biologiques. Pour innover en matière de systèmes de culture, il est nécessaire de modifier certains de ces processus, ce qui entraîne généralement des changements dans le fonctionnement global de l'agrosystème, avec la modification des flux d'eau et d'éléments minéraux et le bouleversement des équilibres au sein de l'agrosystème, en particulier entre la plante cultivée et ses bioagresseurs. Une approche systémique des relations entre la plante, les bioagresseurs et le milieu est alors nécessaire pour comprendre et décrire le fonctionnement de ces nouveaux systèmes, plus complexes que ceux fondés sur l'usage massif d'intrants. Cette représentation systémique du fonctionnement de l'agrosystème, paramétrable en fonction de la valeur des variables étudiées, constitue un modèle. De tels modèles sont

des outils d'aide à la représentation du fonctionnement et d'aide à la conception de systèmes de culture.

Une équipe du Cirad a conçu un modèle spécifique, appelé Simba, qui simule le fonctionnement et les performances des bananeraies. Ce modèle est paramétrable suivant différentes variables comme les données climatiques (température, rayonnement, pluviométrie), les données relatives au sol (porosité, teneur en matière organique) et les niveaux initiaux des populations de nématodes parasites (*Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae* et *Helicotilenchus multicinctus*). Le modèle permet de simuler la croissance des bananiers et leur rendement, les dynamiques de développement des bioagresseurs, le niveau d'eau et d'azote dans le sol, ainsi que la croissance et l'effet des plantes de couverture et des adventices. Par ailleurs, il évalue les risques environnementaux des systèmes simulés, avec les pertes en azote et des indicateurs de risque de pollution des eaux par les pesticides et d'érosion. Le modèle Simba, en fournissant des sorties agronomiques, environnementales et économiques, comme la marge brute, permet l'évaluation multicritère de systèmes de culture virtuels ou réels.

Partenaires

Union des groupements de producteurs de bananes de Guadeloupe et Martinique (Ugpban), Centre africain de recherche sur les bananiers et plantains (Carbap), Fonds européen de développement régional (Feder), Direction régionale de la recherche et de la technologie de Guadeloupe et de Martinique.

Dans ce système de culture avec plante de couverture (graminée), le modèle Simba permet de simuler les flux d'azote et d'optimiser la date de semis, la date de tonte de la plante de couverture et la fertilisation, pour minimiser la compétition avec les bananiers.

Ce modèle présente la spécificité de prendre en compte l'évolution de la structure du peuplement de bananiers au cours des cycles de culture, point clé qui conditionne l'ensemble de la dynamique du système. Par ailleurs, l'intégration dans le modèle de la composante parasitaire, en interaction avec la croissance et la structure du peuplement, l'état du sol et l'emploi de nématicides, est un élément majeur dans la simulation de la performance agri-environnementale (durabilité) des bananeraies simulées. Enfin, le modèle permet d'étudier dans le détail certains mécanismes écologiques, tels que la relation hôte-parasites, et de proposer et d'optimiser de nouveaux moyens de lutte, comme les rotations culturales ou les systèmes à base de plantes de couverture.

Organiser les parcelles pour limiter les épidémies

L'organisation spatiale inter- et intraparcéliaire ainsi que la spatialisation des moyens de protection ont longtemps été négligées, bien que ce soit des éléments clés pour le contrôle des bioagresseurs. Du fait de sa dispersion modérée, le charançon du bananier est un bon exemple pour étudier l'effet de l'organisation spatiale des systèmes de culture sur son épidémiologie. Les chercheurs du Cirad ont donc développé un modèle spatialement explicite, le modèle Cosmos, qui simule le déplacement de l'insecte, sa reproduction et sa mortalité, en interaction avec le bananier, les résidus de culture, les plantes de couverture et des pièges à phéromones. Le modèle Cosmos permet d'optimiser le piégeage et propose des agencements paysagers qui limitent le développement des populations de cet insecte.

Vers la simulation du fonctionnement écologique global de la bananeraie

Les recherches actuelles en agroécologie montrent qu'il est indispensable de concevoir de nouvelles méthodes d'étude des agroécosystèmes pour être en mesure de suivre la complexification des systèmes cultivés. Les interactions entre plantes et

communautés de bioagresseurs, d'auxiliaires et d'organismes non productifs deviennent centrales. Les chercheurs sont donc amenés à coupler les outils classiques des agronomes (modèles de culture) avec de nouveaux formalismes, comme les modèles de réseaux trophiques, qui permettent de simuler ces interactions multiples et complexes. Ces nouveaux outils devraient permettre de prédire les performances en termes de production et les propriétés émergentes des différentes communautés de la bananeraie, comme leur stabilité ou leur résilience. Parmi ces propriétés, la régulation des bioagresseurs et les rétroactions des communautés sur les propriétés du sol sont essentielles dans la définition de systèmes de culture performants. Les perspectives d'application de ces mécanismes écologiques sont particulièrement prometteuses dans le cas des systèmes de culture à base de plantains.

Contact

Philippe TIXIER,
Systèmes de culture bananes,
plantains et ananas



© R. Achard/Cirad

Tixier P, Malézieux E., Dorel M., 2007. A model-based approach to maximise gross income by selection of banana planting date. *Biosystems Engineering*, 6 : 471-476.

Tixier P, Malézieux E., Dorel M., Wery J., 2008. SIMBA: a comprehensive model for evaluation and prototyping of banana-based cropping systems. *Agricultural Systems*, 97 : 139-150.

Tixier P, Salmon S., Chabrier C., Quénehervé P., 2008. Modelling pest dynamics of new crop cultivars: The FB920 banana with the *Helicotylenchus multicinctus*-*Radopholus similis* nematode complex in Martinique. *Crop Protection*, 27 : 1427-1431.

En savoir plus

Protection des cultures : le Cirad organise le premier colloque du réseau Endure

Endure, le réseau européen d'excellence sur la protection des cultures, a tenu son premier colloque international, du 13 au 15 octobre dernier, dans le sud de la France. Consacré à la diversification des pratiques de protection, ce colloque a accueilli plus de 120 communications. Le Cirad, qui en a assuré l'organisation, a été très présent puisque vingt-sept de ses scientifiques y ont exposé leurs résultats et qu'un atelier spécifique a porté sur les liens que le réseau entend tisser avec les équipes des pays du Sud.

Lancé en 2007, ce réseau coordonné par l'Inra mobilise plus de 300 chercheurs de 18 institutions européennes. Il a pour objectif de structurer les forces de la recherche, fondamentale et appliquée, pour concevoir une protection des cultures innovante, compatible avec le développement durable (près de 60 % des pesticides ont été retirés du marché européen depuis 10 ans). Il ambitionne une position de leader mondial dans le domaine des stratégies de protection des cultures. Le Cirad, fort de son expérience dans

les pays du Sud, est largement impliqué dans ce réseau, et plusieurs de ses unités de recherche participent directement à ses travaux. Il participe notamment à une étude sur la tomate et à une thématique concernant l'horticulture, et coordonne, par l'intermédiaire de l'une de ses unités de recherche, l'étude de cas sur le bananier. Au sein du comité exécutif d'Endure, le Cirad est chargé plus spécifiquement des relations avec les pays du Sud et de la communication.

Contact

Jean-Louis SARAH,
département Systèmes biologiques

En savoir plus

Colloque international : « Diversifying crop protection », 12-15 octobre 2008, La Grande-Motte, France.
Endure : European network for the durable exploitation of crop protection strategies, www.endure-network.eu

Dans quelles conditions l'émergence des bioénergies peut-elle être favorable aux populations du Sud ?

Portées sur le devant de la scène, les bioénergies constituent-elles une opportunité nouvelle pour l'agriculture ou un risque de concurrence à la production alimentaire ? Pour les pays du Sud énergétiquement dépendants, remplacer les produits pétroliers par des biocarburants permettrait d'alléger leur facture énergétique tout en développant des filières génératrices de revenus en milieu rural. Cependant, développer une agriculture destinée à la production d'énergie génère de nouvelles contraintes et de nouvelles tensions. S'agit-il d'une opportunité de développement pour les pays du Sud ou d'un risque supplémentaire d'appauvrissement lié à la baisse éventuelle des productions traditionnelles de subsistance ?

Si la valorisation énergétique de la biomasse lignocellulosique – bois et résidus agricoles comme la paille, la bagasse, la balle de riz –, de loin la première source d'énergie, est une voie d'avenir, les potentialités agronomiques de plusieurs plantes sont déjà bien réelles : jatropha (ou pourghère), coton, tournesol, arachide, soja, sorgho (tiges), canne à sucre... En Afrique de l'Ouest, par exemple, environ un tiers des graines de coton ne sont pas transformées, principalement chez des petits producteurs qui n'arrivent pas à valoriser l'ensemble de leur production. Ce sous-produit est très intéressant comme matière première pour produire, localement, l'énergie nécessaire à la production d'électricité, de force motrice, de chaleur, en particulier au Burkina Faso, qui souhaite désormais instaurer une politique énergétique lui permettant de gagner en indépendance et de rationaliser l'utilisation des énergies. Les graines non utilisées pourraient ainsi fournir une huile qui remplacerait le bois utilisé par les huileries artisanales ou le Distillate Diesel Oil (DDO) employé par les boulangeries. Toujours au Burkina Faso, pays très dépendant des importations d'hydrocarbures pour le transport et pour la production d'énergie motrice et électrique, le Cirad a coordonné une vaste étude pluridisciplinaire sur les potentialités des biocarburants.

Les bioénergies nourrissent ainsi bien des espoirs et nous devons être en mesure de proposer des analyses scientifiquement fondées permettant de définir, dans un contexte agronomique, écologique et économique spécifique, ce que pourrait être une politique durable et les orientations de recherche de ce vaste champ thématique. Mais l'étude des systèmes de production énergétique doit impérativement se situer dans le contexte de communautés rurales dans lesquelles ils s'insèrent. Les carburants et combustibles végétaux ont toujours fait l'objet d'études au Cirad, qui élabore des programmes de recherche intégrant les questions techniques (nouveaux idéotypes variétaux, maximisation de la production de biomasse énergétique...), sociales (occupation de l'espace, gestion des territoires, reconstitution des filières et des marchés, bouleversement des usages traditionnels, impact sur l'alimentation...), environnementales (efficacité énergétique des itinéraires, écobilan, pratiques agricoles...) et économiques (répartition des revenus aux différentes étapes des itinéraires, comparaison avec d'autres systèmes de culture, conséquences sur le revenu des agriculteurs, compétition entre aliment et énergie, menaces pour les cultures vivrières...).

L'HUILE DE COTON

comme combustible

En Afrique de l'Ouest, la culture cotonnière produit 1 tonne par hectare de coton graines, composé à parts égales de fibre et de graines. A partir de ces graines, on obtient 100 litres d'une huile alimentaire largement consommée dans la région, mais aussi des tourteaux pour l'alimentation du bétail et des coques utilisées comme combustible dans les usines cotonnières. Mais seule une partie de la production est totalement transformée, et il reste des graines qui pourraient fournir du tourteau et de l'huile, dont une petite partie servirait de combustible pour leur trituration.

L'huile de coton occupe le cinquième rang mondial de la consommation d'huile alimentaire. C'est même la première huile consommée au Mali, au Tchad, au Burkina Faso et au Togo et l'une des principales en Côte d'Ivoire et au Cameroun. En moyenne, 10 kilos de « coton graines », qui contient 43 % de fibre et 54 % de graines, sont nécessaires pour produire 1 litre d'huile. Ainsi, en Afrique de l'Ouest, on obtient couramment 1 tonne de coton graines soit 100 litres d'huile par hectare. Par rapport au colza ou au tournesol, qui produisent 1 000 à 1 200 litres par hectare, on comprend l'intérêt de triturer les graines de coton,

qui ne sont qu'un coproduit de la fibre, cette dernière représentant 85 % de la valeur marchande du coton graines. De plus, la trituration industrielle des graines génère 250 kilos de tourteaux pour l'alimentation du bétail et un peu plus de 200 kilos de coques utilisées pour les besoins énergétiques de l'usine cotonnière. Environ deux tiers des graines sont utilisés ainsi à travers le monde. Il reste donc un tiers de graines disponibles, en particulier chez les petits producteurs, qui peinent à rentabiliser correctement leur exploitation. Ces graines sont le plus souvent données directement aux animaux alors que leur trituration pourrait fournir de l'huile et du tourteau.

mais aussi pour le pompage, l'irrigation et les transformations post-récolte, fait l'objet de tests et de recherches dans tous les pays cotonniers d'Afrique. Dans le cas du Burkina Faso, en particulier, l'huile de coton en mélange avec du fioul ou du DDO (*distillate diesel oil*) pourrait être utilisée dans les brûleurs pour produire de la vapeur d'eau et de l'eau chaude destinées aux huileries artisanales (qui utilisent pour cela du bois) ou aux boulangeries (qui emploient du DDO).

Il existe des études approfondies sur l'usage des huiles de colza, de tournesol et de coprah comme combustibles. Pour l'huile de coton, en revanche, aucune étude n'est disponible. Une équipe du Cirad a donc déterminé les qualités combustibles et établi les conditions optimales de son usage comme carburant et combustible.

Une huile énergétique

L'énergie nécessaire à la trituration de ces graines peut être apportée par une petite partie de l'huile produite (moins de 10 % du total), qui est ainsi valorisable localement, de même que les tourteaux destinés à l'alimentation des animaux. Chez les petits producteurs, l'utilisation d'huiles végétales, pures ou en mélange avec du fioul, est intéressante dans les applications de type circuit court : production d'électricité et de force motrice, production de chaleur... L'usage de ces huiles dans les moteurs Diesel pour l'électrification rurale,

Qualités combustibles et conditions d'utilisation

Les caractéristiques physico-chimiques, la granulométrie du jet injecté et l'évaporation des carburants sont des aspects fondamentaux dans la prédiction et l'optimisation de leur qualité de combustion dans les moteurs ou les brûleurs. En premier lieu, l'influence des caractéristiques physico-chimiques du fioul-oil

Le brûleur Cirad-Riello, avec comme combustible l'huile de palme, utilisé pour le séchage du caoutchouc, au Cameroun.



© G. Vaitilingom/Cirad

© J. C. Sreito/Cirad



Banc d'essai de moteur Diesel pour huiles végétales du laboratoire biocarburant du 2IE, Burkina Faso.

© G. Vaitilingom/Cirad

domestique, de diverses huiles végétales et de leurs mélanges sur leur combustion dans les moteurs Diesel ou dans les brûleurs a été établie. Il est apparu nécessaire de travailler aux mêmes conditions de viscosité et de granulométrie du jet afin de comparer valablement ces carburants. Cette étude a également mis en évidence l'existence de corrélations entre les caractéristiques physico-chimiques, les phénomènes précédant la combus-

tion (granulométrie et évaporation) et la combustion des huiles végétales.

Un modèle théorique a été conçu pour prédire les caractéristiques d'évaporation des huiles. Ses résultats, dont la cohérence avec les données expérimentales est établie, montrent qu'il existe une température moyenne du milieu réactionnel (environ 500 °C) à partir de laquelle les comportements des huiles et du fioul sont comparables. Ainsi définies, les conditions favorables à une bonne combustion des huiles végétales ou de leurs mélanges avec le fioul ont été appliquées à des mélanges d'huile de coton (brute, semi-raffinée et raffinée) et de fioul domestique (0 à 100 % d'huile de coton). La combustion de l'huile est comparable à celle du fioul pour les émissions de CO et de NO_x, aussi bien dans les moteurs Diesel que dans les brûleurs. Les données expérimentales d'émissions sont en accord avec les résultats théoriques issus d'une équation de combustion fondée sur un mécanisme chimique global.

Ces travaux ont logiquement abouti à l'adaptation des moteurs Diesel et des brûleurs. Pour ces derniers, une gamme de modèles a été développée avec le constructeur Riello. Les tests réalisés avec un brûleur de 80 kilowatts sont concluants ; ils donnent des résultats conformes à ceux obtenus dans des moteurs Diesel lorsque

les températures sont suffisantes pour une bonne combustion. La consommation augmente légèrement, de 5 à 8 %, avec les huiles végétales par rapport au fioul, et les résultats varient peu quel que soit le traitement subi par l'huile de coton. Toutefois, la teneur en phosphore de l'huile brute risque d'être préjudiciable pour un usage à long terme, et son dégommage peut s'avérer nécessaire pour ce type de brûleur.

Les recherches se poursuivent sur l'utilisation des huiles de coton et de pourghère (*Jatropha curcas*) dans les moteurs Diesel.

Contact

Gilles VAITILINGOM,
Biomasse-énergie

Partenaires

Université de Ouagadougou (Burkina Faso), Centre national de la recherche scientifique et technique (CNRST, Burkina Faso), Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2IE, Burkina Faso), Coopération française.

Daho T., 2008. Contribution à l'étude des conditions optimales de combustion des huiles végétales dans les moteurs Diesel et les brûleurs : cas de l'huile de coton. Thèse, Université de Ouagadougou.

Daho T., Vaitilingom G., Sanogo O., 2009. Optimization of the combustion of blends of diesel and cottonseed oil in a non-modified boiler. Fuel : doi :10.1016/j.fuel.2008.12.021.

Vaitilingom G., 2006. Utilisations énergétiques de l'huile de coton. Cahiers agricultures, 15 : 144-149.

En savoir plus

Un hectare de cotonnier produit 1 tonne de coton graines, soit 100 litres d'huile.



© P. Dugué/Cirad

LES BIOCARBURANTS au Burkina Faso : une approche pluridisciplinaire

Le Burkina Faso dépend des importations d'hydrocarbures pour le transport et pour la production d'énergie motrice et électrique. Le pays souhaite désormais instaurer une politique énergétique qui lui permettra de gagner en indépendance et de rationaliser l'utilisation des énergies. C'est dans ce contexte qu'il s'intéresse aux potentialités des biocarburants. La substitution des biocarburants aux produits pétroliers permettrait à la fois d'alléger la facture énergétique et de développer des filières génératrices de revenus et d'énergie en milieu rural. Le Cirad a coordonné une vaste étude pluridisciplinaire sur les possibilités de développement de ce secteur.

Au Burkina Faso, la consommation d'hydrocarbures, bien que faible, pèse lourdement sur la balance commerciale. Le gouvernement du pays souhaite donc mettre en place une stratégie d'utilisation rationnelle des énergies, mais aussi d'indépendance énergétique, notamment grâce aux biocarburants. Une telle politique est complexe à élaborer. Pour éclairer les décisions qui devront être prises, une équipe du Cirad, en collaboration avec des chercheurs burkinabés, a conduit une étude à la fois économique, agronomique et technique sur les potentialités de développement des biocarburants.

Biocarburants et développement économique

L'étude a porté sur le potentiel des biocarburants en tant que facteur de développement économique, que ce soit en termes d'emplois, d'activités rurales, d'économie de devises, de lutte contre la désertification. Elle a parallèlement identifié plusieurs types de risques, en particulier social et écologique, associés aux différentes options envisageables, en accordant une attention spécifique à la possible

compétition entre production alimentation et production énergétique.

L'analyse dynamique de la consommation d'énergie à l'échelle du pays montre qu'il est possible de remplacer les hydrocarbures importés par les biocarburants dans

deux secteurs d'activité : la production d'électricité et le transport léger et par poids lourds à partir de véhicules Diesel ou à essence. Elle souligne également que la stratégie de développement des biocarburants devrait favoriser l'accès à l'énergie en zone rurale, qui en est dépourvue, et y induire de nouvelles activités.



Le sorgho sucré, une plante qui combine potentiel alimentaire et pouvoir énergétique.

Les potentialités techniques et agronomiques des biocarburants

L'examen des potentialités techniques met en évidence les avantages des huiles végétales brutes produites à partir de plantes oléagineuses : les techniques sont simples et accessibles, aussi bien à l'échelle villageoise qu'industrielle. Elle a, en revanche, souligné les difficultés que rencontrerait actuellement la production de biodiesel, le procédé industriel n'étant pas au point pour une estérification éthanolique ; ou de bioéthanol, un procédé consommateur d'énergie, qui présente de multiples inconvénients : besoins en eau des cultures, compétition foncière, risque d'exportation, nécessité d'une normalisation des produits et d'une organisation de la filière.

Quant aux potentialités agronomiques, plusieurs plantes ont été évaluées pour leur intérêt, mais aussi pour les risques qu'elles présentent : jatropha (ou pourghère), coton, tournesol, arachide, soja, sorgho (tiges), canne à sucre. Ainsi pour le jatropha, l'étude a permis de nuancer les avantages qu'on lui accorde généralement : sur le plan agronomique les données sont peu nombreuses, sa culture immobilise les terres sur plusieurs années avant de produire, son tourteau est toxique et sa valorisation est uniquement énergétique. Bien que la plupart des projets de production d'huile végétale ou de biodiesel reposent aujourd'hui sur le jatropha, du fait de l'envolée des prix des autres oléagineux, il semble risqué d'élaborer une stratégie nationale de développement des biocarburants qui reposerait uniquement sur cette plante.

Deux scénarios pour développer les bioénergies

Cette réflexion s'est voulue pragmatique pour constituer une aide à la décision. Elle privilégie deux scénarios : l'un vise à développer l'énergie en zone rurale (force motrice, électrification rurale, transformation agroalimentaire) ; l'autre a pour objectif de substituer l'huile végétale brute aux hydrocarbures importés pour produire de l'électricité dans les centrales thermiques alimentant le réseau national et les réseaux décentralisés. L'évaluation de ces scénarios se fera sur plusieurs critères : les superficies de terres arables à mobiliser pour faire fonctionner des plates-formes multifonctionnelles ou en fonction du niveau de substitution envisagé, les pos-

sibilités d'organisation des filières en aval de la production agricole, les capacités des acteurs, la rapidité de mise en œuvre des opérations, la flexibilité permise par les techniques et les marchés (sensibilité aux variations de niveaux de production, diversité des plantes utilisables, débouchés pour la production en cours, valorisation des sous-produits...).

Quelle que soit la stratégie envisagée, l'Etat devra modifier sa politique des prix dans le domaine énergétique de façon à assurer la sécurité alimentaire et à encourager la production d'oléagineux plutôt que de continuer à subventionner les sociétés pétrolières.

Contacts

Joël BLIN, Biomasse-énergie
Marie-Hélène DABAT,
Actions collectives, politiques
et marchés

Presses à huile manuelles pour graines de jatropha.

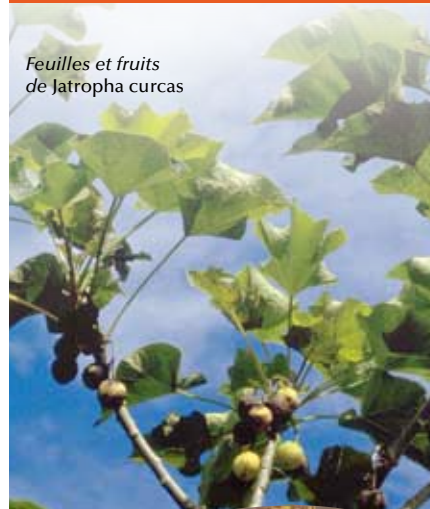


Blin J., Dabat M.H., Faugère G., Haniff E., Weisman N., 2008. Opportunités de développement des biocarburants au Burkina Faso. Ouagadougou : KFW, GTZ, 166 p.

Blin J., Ficini C., Faugère G., Dabat M.H., 2007. Etude prospective sur le potentiel pour la production de biocarburants au Burkina Faso. Cirad, 2IE, ICI, 50 p.

Azoumah Y., Blin J., Daho T., 2009. Exergy efficiency applied for the performance optimization of a direct injection compression ignition (CI) engine using biofuels. Renewable Energy, 34 : 1494-1500.

Feuilles et fruits de Jatropha curcas



© G. Tréhuil/Cirad

Partenaires

Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2IE, Burkina Faso), Université de Ouagadougou (Burkina Faso), Institut national de recherche agronomique (Inera, Burkina Faso), Centre national de la recherche scientifique et technique (CNRST, Burkina Faso), ICI (Burkina Faso), Sonabhy-Sonabel (Burkina Faso), Geres (France), KFW/GTZ (Allemagne), coopération luxembourgeoise, Union européenne, Uemoa, Cedeao.

Innover pour une alimentation accessible, diversifiée et sûre

Croissance économique, urbanisation et changements des modes de vie font évoluer les habitudes alimentaires des consommateurs. Les pathologies liées à l'alimentation soulèvent de nouveaux problèmes de santé publique. Les mutations du secteur agroalimentaire posent des questions de compétitivité, d'organisation des filières et d'exclusion... La sécurité alimentaire est ainsi l'un des enjeux majeurs de notre époque, où l'attention se porte sur la salubrité, l'aspect pratique du produit transformé, l'origine, les conditions environnementales et sociales de production et d'échange des aliments.

A la suite des crises alimentaires liées à la hausse brutale des prix des produits de base en 2008, le gouvernement français a pris l'initiative de proposer un partenariat mondial pour l'agriculture et la sécurité alimentaire. Le Cirad, associé à cette réflexion, a mené diverses analyses pour expliquer cette situation et en évaluer les conséquences. Dans le domaine des marchés agroalimentaires et de leur économie, le Cirad mobilise ses compétences pour comprendre les mécanismes sous-jacents. Un modèle conçu avec l'Inra a ainsi fait ses preuves : il reproduit le scénario de la crise en se basant sur le fonctionnement « naturel » des marchés récemment dérégulés. Ce modèle montre que les pertes à attendre de l'instabilité des marchés sont supérieures aux gains procurés par une meilleure utilisation des ressources mondiales grâce à la libéralisation.

Objectif constant du Cirad : contribuer à produire et commercialiser des aliments bons et sains grâce à des itinéraires techniques adaptés aux contraintes des pays du Sud. Mieux valoriser les productions locales sur les marchés locaux ou à l'exportation est un enjeu essentiel. Une équipe du Cirad a ainsi montré qu'il est possible de prédire la qualité de la mangue lorsqu'elle est mûre à partir des conditions de croissance, des stades de récolte et des modes de conservation des fruits. Il s'agit d'un outil majeur pour améliorer la qualité des produits commercialisés et les revenus des producteurs. Autre exemple : quelle alternative aux antibiotiques massivement utilisés en aquaculture pour lutter contre les maladies infectieuses ? Des huiles essentielles malgaches ont révélé des propriétés antimicrobiennes intéressantes qui pourraient prévenir l'apparition de souches bactériennes résistantes, et lever ainsi des risques pour la santé des consommateurs.

Dans le domaine de l'innovation technologique, il est désormais primordial d'intégrer l'ensemble des contraintes de coût et de qualité pour réconcilier performance technique de transformation, compétitivité des filières et sécurité alimentaire, tout en respectant les goûts des consommateurs.

LA HAUSSE DES PRIX

internationaux des produits agricoles

Les prix de nombreux produits agricoles sur les marchés internationaux ont connu une flambée d'environ 60 % en 2008. Conjuguée à celle du pétrole, cette hausse brutale a provoqué des émeutes dans les villes d'une trentaine de pays pauvres. Cette réaction généralisée a fait craindre une déstabilisation mondiale. Elle s'est traduite par une prise de conscience du rôle stratégique de l'agriculture et de l'alimentation. Le gouvernement français a pris l'initiative de proposer un partenariat mondial pour l'agriculture et la sécurité alimentaire. Le Cirad est associé à cette réflexion et a mené diverses analyses pour expliquer cette situation et en évaluer les conséquences.

Pour comprendre la hausse, deux approches ont été utilisées. D'une part, la mise en relation des données d'offre, de demande et de stock sur une longue période ; d'autre part, l'utilisation d'un modèle mondial d'équilibre général, le modèle ID3 conçu par le Cirad. Ces deux analyses convergent pour montrer que la hausse des prix résulte d'un ralentissement de la croissance de la production agricole des grands pays producteurs et d'une diminution des stocks mondiaux. Cette situation est la conséquence de politiques moins incitatives pour le secteur agricole depuis une vingtaine d'années. Quelques accidents climatiques d'ampleur limitée sont intervenus depuis 2000, asséchant les stocks mondiaux alors que la demande restait soutenue. Celle-ci est liée à la croissance économique des pays émergents et à la nouvelle demande en agrocarburants, en particulier pour le maïs. Dans un contexte de marché tendu et de moyens très limités pour réguler l'offre par les stocks, ces accidents ont enclenché une hausse des prix dès la fin 2007. Celle-ci a ensuite été amplifiée par une spéculation sur les marchés à terme et par des restrictions d'exportation de certains pays pour privilégier l'approvisionnement de leurs propres marchés domestiques.

Une crise de l'accès à l'alimentation des citoyens pauvres

La plupart des pays importateurs de denrées alimentaires ont consenti de gros efforts pour atténuer cette hausse pour leurs consommateurs, en diminuant les taxes aux importations, et les commerçants ont réduit leurs marges. Malgré cela, la hausse de produits de base comme le riz, le blé, le maïs et l'huile a été durement ressentie par les populations les plus pauvres, en particulier dans les villes.

Une analyse menée dans six pays d'Afrique subsaharienne et à Madagascar a porté sur l'évolution des prix mensuels des céréales, importées et locales, en ville et

sur les marchés ruraux depuis une quinzaine d'années. Elle montre que la hausse des prix est uniquement imputable aux produits du marché international et non aux productions des pays étudiés. Elle n'a pas annoncé une pénurie ou un ralentissement de la production alimentaire des pays vulnérables mais bien une crise de l'accès à l'alimentation des citoyens pauvres. La production alimentaire de la plupart des pays africains en paix s'est accrue à un rythme voisin de celui de la population contrairement à nombre d'idées reçues, qui considèrent qu'elle s'est effondrée depuis une vingtaine d'années. Un tel constat milite en faveur d'une meilleure compréhension des facteurs de cette croissance agricole et de sa durabilité.

Le Groupe interministériel sur la sécurité alimentaire

Au moment de la flambée des prix et des émeutes qu'elle a provoquées, le ministre français de l'Agriculture et de la Pêche et celui des Affaires étrangères et européennes ont pris l'initiative de créer le Groupe interministériel sur la sécurité alimentaire (Gisa). Celui-ci réunit des représentants des administrations de ces deux ministères ainsi que de l'environnement, des finances, de la recherche et des organisations non gouvernementales. Le Cirad est membre de ce groupe depuis sa création. Le caractère multisectoriel de ce groupe s'est avéré novateur et essentiel pour traiter d'une question qui porte à la fois sur les disponibilités alimentaires, sur leur accès pour la population et donc sur la pauvreté, sur la qualité des aliments et sur la régularité de leur disponibilité. Le Gisa a proposé la création d'un partenariat mondial pour l'agriculture et la sécurité alimentaire, qui repose sur trois piliers : un pilier politique, un pilier scientifique et un pilier financier. Cette initiative est désormais reprise par la communauté internationale.

Une plus forte volatilité des prix dans les années à venir

Après quelques mois de flambée, les prix sont sensiblement redescendus. Leur tendance future est difficile à prévoir, compte tenu des inconnues qui pèsent sur l'évolution de la demande alimentaire et du prix des intrants en situation de crise économique. Cependant, deux éléments conduisent à penser que les années à venir se caractériseront par une plus forte volatilité des prix. D'une part, le changement climatique devrait se traduire par des accidents pluviométriques (sécheresses ou inondations) plus intenses et plus fréquents. D'autre part, la faiblesse des stocks mondiaux et l'absence de modes de régulation des marchés spéculatifs laissent craindre que des récoltes déficitaires se traduisent par de nouvelles flambées de prix. Une telle situation devrait favoriser les stratégies de minimisation des risques et s'avère peu incitative pour accroître la

production. La situation devrait donc rester tendue et faire courir un risque élevé aux populations pauvres dont la majeure partie du budget est consacrée aux dépenses alimentaires.

Depuis les vingt dernières années, le monde a bénéficié d'une période de relative stabilité des prix sur les marchés internationaux. Nombre de pays ont compté sur ce marché pour s'approvisionner en produits de base à faible coût, assurant ainsi en partie leur sécurité alimentaire. La crise de 2008 tend à remettre en cause cette confiance dans le marché international, d'autant qu'au plan financier s'amorce une crise de grande ampleur. Plusieurs pays qui manquent de terres agricoles tendent à investir dans des terres à l'étranger pour produire pour leur propre marché. D'autres pays refusent de jouer le jeu d'une ouverture totale de leurs frontières, préférant assurer en interne la sécurité de leurs approvisionnements. Ce repli sur les espaces nationaux est le signe

d'un changement et mérite une attention permanente car il porte en lui de nouveaux risques comme de nouvelles opportunités.

Contacts

Nicolas BRICAS, Benoît DAVIRON, Françoise GÉRARD, Marchés, organisation, institutions et stratégies d'acteurs (Moisa)

Bricas N., 2008. Nourrir le monde : retour aux fondamentaux de l'humanité. *Diplomatie : affaires stratégiques et relations internationales*, 33 : 58-62.

Bricas N., Daviron B., 2008. De la hausse des prix au retour du productivisme ; les enjeux du sommet sur la sécurité alimentaire de juin 2008 à Rome. *Hérodote*, 131 : 31-39.

Daviron B., Bricas N., 2008. La hausse des prix internationaux de 2007-2008 : Panorama mondial et régional. *Grain de sel*, 43 : 12-13

En savoir plus

ID3 : vers un modèle alternatif de l'économie internationale



© E. Drou/Cirad

La hausse des prix est uniquement imputable aux produits du marché international, selon l'étude menée par le Cirad.

La flambée des prix agricoles internationaux de 2006-2008 rappelle une caractéristique majeure des marchés agricoles libres : la forte instabilité des prix. Celle-ci avait été négligée dans plusieurs modèles de l'économie mondiale, qui montraient les bénéfices globaux à attendre de la libéralisation. Depuis une dizaine d'années, un nouveau modèle a été conçu au Cirad, en collaboration avec l'Inra. Il est du même type que les grands modèles existant dans les organisations internationales, mais certaines équations sont modifiées afin de prendre en compte l'imperfection de l'information. A l'aide de ce modèle, on peut montrer que les pertes causées par l'instabilité des marchés sont plus grandes que les gains à attendre d'une meilleure utilisation des ressources mondiales grâce à la libéralisation.

Ce modèle vient de faire ses preuves : à partir des données de 2000, il reproduit d'une façon

presque surprenante le scénario de la crise, sans même faire intervenir ni les aléas climatiques, ni les biocarburants, du seul fait du fonctionnement « naturel » des marchés largement dérégulés depuis une dizaine d'années. Cependant, de nombreux problèmes mathématiques et conceptuels se posent encore, laissant la voie à un vaste champ de recherche.

Contact

Françoise GÉRARD, Marchés, organisation, institutions et stratégies d'acteurs (Moisa).

En savoir plus

Boussard J.M., Gérard F., Piketty M.G., 2008. Should global agriculture be liberalized? *Enfield : Science Publishers*, 156 p.

Boussard J.M., Gérard F., Piketty M.G., Ayouz M., Voituriez T., 2006. Endogenous risk and long run effects of liberalisation in a global analysis framework. *Economic modelling*, 23 : 457-475.

Boussard J.M., Gérard F., Piketty M.G., Voituriez T., Christensen A.C., 2004. May the pro-poor impacts of trade liberalization vanish because of imperfect information? *Agricultural Economics*, 31 : 297-305.

Des HUILES ESSENTIELLES contre les maladies infectieuses des élevages aquacoles

En aquaculture, on a massivement utilisé les antibiotiques pour lutter contre les maladies infectieuses, d'où l'apparition de souches bactériennes résistantes, qui font peser un risque sur l'équilibre des écosystèmes et la pérennité des élevages, mais aussi sur la santé des consommateurs. Afin d'explorer d'autres alternatives, le Cirad mène des recherches pour valoriser les huiles essentielles de certaines plantes endémiques malgaches qui présentent des activités antimicrobiennes.

L'aquaculture progresse plus rapidement que tous les autres secteurs de production alimentaire d'origine animale, avec un taux moyen annuel de 8,8 % depuis 1970, contre seulement

1,2 % pour les pêches de capture et 2,8 % pour les systèmes terrestres de production animale. Cependant, dans ce secteur, les maladies infectieuses représentent un risque majeur et sont à l'origine de pertes économiques considérables. Pour prévenir ou traiter ces maladies, les aquaculteurs utilisent largement les antibiotiques. Or leur utilisation massive provoque l'apparition et la sélection de souches bacté-

riennes résistantes à un voire plusieurs antibiotiques. Cette contamination de l'environnement par des souches pathogènes résistantes est une menace, non seulement pour les élevages, mais aussi pour la santé humaine, les gènes de résistance pouvant aisément se propager à d'autres micro-organismes pathogènes. Des mesures ont donc été adoptées, à l'échelon national et international, pour réduire, voire éliminer, les antibiotiques en aquaculture. D'où la nécessité de développer des traitements alternatifs dans tous les pays producteurs afin d'assurer la pérennité de l'aquaculture. Le Cirad, qui travaille depuis de nombreuses années sur la flore et sa biodiversité à Madagascar, a exploré les ressources d'un arbre endémique dont



La crevette d'élevage,
Penaeus monodon.

© G. Tréhuil/Cirad

Partenaires

Université d'Antananarivo (Madagascar), Centre national de la recherche appliquée au développement rural (Fofifa, Madagascar), Ecole supérieure des sciences agronomiques (Essa, Madagascar), Centre national d'application des recherches pharmaceutiques (Cnarp, Madagascar), Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer, France), Les Gambas de l'Ankarana (LGA, Madagascar), Agence universitaire de la Francophonie (AUF).

l'huile essentielle est connue en médecine traditionnelle pour ses propriétés antimicrobiennes.

Cinnamosma fragrans, un arbre producteur d'huiles essentielles

Les forêts malgaches sont riches en espèces productrices d'huiles essentielles dont certaines, déjà utilisées dans la médecine traditionnelle, possèdent des propriétés antimicrobiennes. C'est le cas de *Cinnamosma fragrans*, un arbre des forêts occidentales. Une étude a été menée sur la composition chimique des huiles extraites de feuilles collectées dans deux régions de l'aire de distribution de l'espèce. Elle montre deux compositions chimiques distinctes selon que le composé majoritaire est le linalool ou le 1,8 cinéole.

Les activités antimicrobiennes de ces huiles essentielles ont été analysées in vitro sur plusieurs bactéries — *Vibrio harveyi*, *V. fisheri*, *V. penaeicida*, *V. alginolyticus*, *V. anguillarum*, *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* —, dont certaines sont spécifiques à l'aquaculture. Puis des essais préliminaires ont été réalisés dans une ferme d'élevage biologique de crevettes (*Penaeus monodon*) à Madagascar pour tester leur utilisation en aquaculture et analyser leurs effets sur la survie des larves et sur la flore microbienne des bassins.

Une activité antimicrobienne prometteuse

Les premiers résultats montrent que les deux types chimiques protègent les larves de crevettes en éclosure dans des proportions équivalentes à celles de l'antibiotique conventionnel, avec 80 % de taux de survie. Dans l'essai témoin, sans huile et sans antibiotique, le taux de survie des larves en fin de cycle ne dépasse pas 10 %.

Ces recherches, qui se situent aussi dans une problématique de conservation et de gestion durable de la biodiversité malgache, reposent sur l'hypothèse que la conservation de la biodiversité passe par sa valorisation. Elles se poursuivent dans le

cadre d'un pôle d'excellence régional qui vise à valoriser les ressources végétales de Madagascar et des Comores pour la sécurité des aliments. Ce pôle est constitué des universités d'Antananarivo, des Comores et de la Réunion, du Cirad et de plusieurs centres de recherche malgaches.

Contact

Samira SARTER,
Démarche intégrée pour l'obtention
d'aliments de qualité (Qualisud)

Les forêts malgaches sont riches en espèces productrices d'huiles essentielles.



Randrianarivelo R., Sarter S., Odoux E., Brat P., Lebrun M., Menut C., Romestand B., Andrianolisoa H.S., Raherimandimby M., Danthu P., 2009. Composition and antimicrobial activity of essential oils of *Cinnamosma fragrans*. Food Chemistry, 114 : 680-684.

Sarter S., Guichard B., 2008. Bacterial antibiotic resistance in aquaculture. In : Aquaculture microbiology, D. Montet et R.C. Ray. Enfield : Science Publishers. (sous presse)

Sarter S., Nguyen H.N.K., Hung L.T., Lazard J., Montet D., 2007. Antibiotic resistance in Gram negative bacteria isolated from farmed catfish. Food Control, 18 : 1391-1396.

LA MANGUE : connaître le passé du fruit pour anticiper son avenir

La mangue est récoltée à un stade vert-mature et mûrit lors de sa mise sur le marché, mais les délais varient largement entre la récolte du fruit et sa consommation. Dans ces conditions, comment prévoir précisément la qualité du fruit dans l'assiette du consommateur ? En établissant une liaison entre la construction du fruit sur l'arbre et son fonctionnement après la récolte, une équipe du Cirad vient de montrer qu'il est possible de prédire la qualité du fruit mûr en fonction des conditions de croissance, des stades de récolte et des modes de conservation.

Dans les filières horticoles tropicales, la diversité des conditions de culture, le choix des stades de récolte, les conditions parfois contraignantes de transport et de mise en marché se traduisent par des écarts importants entre la qualité attendue et la qualité obtenue. Une équipe d'écophysiologistes et de spécialistes de la physiologie post-récolte du Cirad étudie l'élaboration et le maintien de la qualité des fruits tropicaux. Ces travaux, qui concernent en particulier la mangue, ont pour objectif de réduire les pertes avant et après récolte, de garantir des produits de bonne qualité nutritionnelle, sensorielle et sanitaire sur les marchés locaux et de faciliter leur accès aux marchés internationaux.

Un modèle pour prévoir la qualité et planifier les récoltes

Les facteurs environnementaux, tels que la lumière, la température, la disponibilité en carbone et en eau, influencent les processus physiologiques impliqués dans l'élaboration du fruit sur la plante. Les effets de ces facteurs sur la teneur en eau et la croissance en matière sèche structurale et non structurale ont été identifiés et quantifiés pour la mangue Cogshall. Ils

ont ensuite été intégrés dans un modèle de fonctionnement du fruit sous le contrôle de l'environnement afin d'établir une représentation de la construction de la mangue, à l'échelle du fruit et du rameau fructifère. Ce modèle a été étendu à l'échelle de l'arbre, en faisant varier l'environnement lumineux du rameau portant le fruit et la disponibilité en assimilats carbonés. Les sorties de ce modèle représentent la variabilité des critères de qualité initiale des fruits sur un même arbre, comme le calibre, la saveur sucrée ou acide, et celle des dates de récolte. Ce type de représentation peut être utilisé pour prédire l'effet de pratiques culturales, qui modifient les facteurs de pré-récolte étudiés comme la taille, l'éclaircissage ou la gestion de l'irrigation, mais aussi pour planifier les récoltes en conditions réelles.

Suivre l'élaboration et le maintien de la qualité des fruits

Peu de recherches traitent à la fois de l'impact des conditions environnementales avant la récolte, du stade de récolte et des conditions de stockage sur l'élaboration et le maintien de la qualité des fruits tropicaux. Or cette liaison est importante si l'on veut trouver des solutions techniques

pour améliorer la qualité finale des fruits, notamment dans le cas de fruits climactériques. Ces fruits sont en effet récoltés à un stade encore vert et mûrissent lors de leur mise en marché, avec des délais et des circuits variables entre leur récolte et leur consommation.

Le modèle de fonctionnement du fruit permet de planifier les récoltes de la mangue.





© T. Michels/Cirad

La récolte des mangues à l'aide d'une perche.

Cette liaison pré-postrécolte a été étudiée sur la mangue selon quatre étapes : analyse du fonctionnement du fruit sur la plante (contrôle des niveaux des facteurs environnementaux), caractérisation de la qualité du fruit (composantes physico-chimiques de son statut sanitaire, de sa qualité sensorielle et de sa valeur nutritionnelle), choix d'un stade de récolte adéquat selon le marché visé, évaluation de l'impact des techniques de stockage sur l'évolution de cette qualité initiale.

La représentation de la construction de la mangue sur l'arbre peut ainsi être connectée à la modélisation de l'évolution des composantes de sa qualité en conservation afin d'aboutir à une vision intégrée de l'élaboration et du maintien de cette

qualité. Ce continuum a permis de montrer que la variation de charge en fruits ou la position des fruits sur l'arbre par rapport à la lumière vont entraîner des modifications de composition des mangues mûres. Différents stades de maturité à la récolte, associés à une conservation au froid ou à température ambiante, vont ainsi affecter, à des degrés divers, la teneur finale en sucres, la capacité de synthèse des caroténoïdes, la synthèse des arômes, et donc la qualité du fruit proposé au consommateur.

De manière plus générale, ce continuum pré-postrécolte intégré dans la conception de nouveaux modes de conduite agro-écologique des systèmes horticoles permettra d'identifier les couplages les mieux adaptés pour garantir, de la façon la plus naturelle possible, les qualités nutritionnelles du fruit et son statut sanitaire.

Contacts

Mathieu LÉCHAUDEL,
Fonctionnement agroécologique
et performances des systèmes
de culture horticoles
Jacques JOAS,
Démarche intégrée pour l'obtention
d'aliments de qualité (Qualisud)

En savoir plus

Joas J., 2008. Incidence de l'état physiologique de la mangue à la récolte sur sa maturation en cours de conservation. Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon, France, 200 p.

Joas J., Léchaudel M., 2008. A comprehensive integrated approach for more effective control of tropical fruit quality. *Stewart Postharvest Review*, 2 : 7, 14 p.

Léchaudel M., Vercambre G., Lescourret F., Normand F., Génard M., 2007. An analysis of elastic and plastic fruit growth of mango in response to various assimilate supplies. *Tree Physiology*, 27 : 219-230.

Le stade point-jaune est le stade de récolte habituel des producteurs pour la variété Cogshall.



© T. Michels/Cirad

Partenaires

Association réunionnaise pour la modernisation de l'économie fruitière, légumière et horticole (Armefflor, Réunion),
Chambre d'agriculture de la Réunion,
Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Universités de la Réunion et d'Avignon, Centre national de recherche agronomique (CNRA, Côte d'Ivoire), Conseil régional de la Réunion, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.



Caisse de mangues destinée au transport par avion.

© J. Joas/Cirad

Anticiper et gérer les risques sanitaires infectieux liés aux animaux sauvages et domestiques

Qu'il s'agisse de péripneumonie contagieuse bovine ou de grippe aviaire, en milieu tropical, les contraintes sanitaires sont une préoccupation quotidienne des éleveurs. Régulièrement portées à la Une de l'actualité internationale, les maladies animales émergentes ou réémergentes sont en constante progression et, parmi elles, les zoonoses représentent des risques sérieux pour les sociétés humaines du Sud et du Nord. L'accroissement des échanges internationaux, les changements climatiques, les bouleversements écologiques, l'urbanisation, la faiblesse de nombreux systèmes sanitaires et l'intensification des modes d'élevage engendrent des conditions qui leur sont favorables, avec des impacts sanitaires ou économiques majeurs.

Outre les sciences vétérinaires, la gestion intégrée des maladies mobilise de multiples disciplines comme l'écologie, l'épidémiologie, la modélisation, auxquelles s'adjoignent de plus en plus les sciences économiques et sociales. Le Cirad participe ainsi au développement de réseaux internationaux de santé animale et de santé publique vétérinaire. D'autres outils, telle la télé-détection, permettent d'identifier des zones favorables à la survie des virus, notamment celui de la grippe aviaire, et de les classer selon des paramètres biophysiques. Lors d'un programme de surveillance de la FAO, coordonné par le Cirad en collaboration avec Wetlands International, une infection naturelle par un virus de l'influenza aviaire hautement pathogène a été, pour la première fois, détectée chez des canards sauvages sains au Nigeria. Un suivi de la dispersion du virus a ainsi pu être réalisé grâce au suivi des déplacements de ces volatiles par télémétrie satellitaire.

Le contrôle de la péripneumonie contagieuse bovine, pathologie majeure des bovins en Afrique, est un enjeu majeur pour le Cirad. Ces dernières années, les connaissances sur cette maladie ont largement progressé avec le séquençage de plusieurs génomes de l'agent pathogène et le décryptage de mécanismes immunitaires protecteurs. De nouvelles méthodes de diagnostic, d'épidémiologie moléculaire et de vaccination sont ainsi de grandes avancées réalisées au cours de l'année passée.

Le Cirad est reconnu par les instances internationales comme un acteur important pour la surveillance épidémiologique et la mise au point de vaccins. Sa présence dans les pays du Sud lui confère un avantage incomparable : une connaissance intime des terrains d'où proviennent la plupart de ces maladies. Il bénéficie de liens privilégiés avec ses partenaires dans le Bassin méditerranéen, en Afrique et en Asie du Sud-Est, et a investi fortement dans les activités de formation depuis près de quarante ans. Il engage par ailleurs de solides collaborations avec les institutions du Nord.

PÉRIPNEUMONIE CONTAGIEUSE BOVINE : de nouvelles méthodes de diagnostic, d'épidémiologie moléculaire et de vaccination

Le contrôle de la péripneumonie contagieuse bovine, pathologie majeure des bovins en Afrique, reste un enjeu prioritaire pour le Cirad. Ces dernières années, les connaissances sur cette maladie et le mycoplasme qui en est la cause ont largement progressé. Séquençage de plusieurs génomes de l'agent pathogène, nouveaux tests d'identification, décryptage de mécanismes immunitaires protecteurs, définition de stratégies vaccinales, autant de résultats décisifs dans la lutte contre cette maladie.

La péripneumonie contagieuse bovine (PPCB), provoquée par le biotype Small Colony de *Mycoplasma mycoides* subsp. *mycoides* (MmmSC), est une maladie respiratoire des bovins en Afrique, où elle entraîne de sérieuses conséquences sur le plan socio-économique. Elle réapparaît sporadiquement en Europe du Sud, le dernier cas ayant été détecté en 1999 au Portugal. En Afrique, cette maladie est difficile à combattre : les mesures sanitaires, comme le contrôle des mouvements du bétail et l'abattage des animaux infectés, sont difficiles à mettre en place et les campagnes de vaccination annuelles (les vaccins ont une efficacité limitée) sont coûteuses.

Le Cirad, laboratoire de référence pour cette maladie auprès de l'OIE (Organisation mondiale de la santé animale) et de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), s'intéresse depuis de nombreuses années au contrôle

de cette maladie. Récemment, les données de séquençage de plusieurs génomes du mycoplasme et d'autres souches apparentées ont ouvert la voie à de nouvelles approches de diagnostic, d'épidémiologie moléculaire et de vaccination.

Une technique de détection plus sensible

Pour améliorer les tests de détection du mycoplasme par PCR (*polymerase chain reaction*) classique, le Cirad a mis au point une technique de PCR en temps réel (rtPCR). Grâce à cette technique, la sensibilité de détection dans les échantillons de terrain peut atteindre 3 à 80 unités formant colonie, soit entre 4 et 80 femtogrammes d'ADN (1 femtogramme = 10^{-15} gramme). D'un point de vue pratique, cette technique diminue les risques de contamination, permet de quantifier les mycoplasmes et améliore l'assurance qualité.

Déterminer l'origine géographique des souches

Dans le domaine de l'épidémiologie, des progrès ont également été accomplis. Ainsi, 8 locus polymorphes ont été sélectionnés en comparant deux génomes complets. L'analyse de ces séquences multilocus a été appliquée à 51 souches d'origine diverse. Elle révèle trois groupes

Partenaires

Laboratoire central vétérinaire de Bamako (LCV, Mali), Laboratoire national vétérinaire de Garoua (Lanavet, Cameroun), Onderstepoort Veterinary Institute (Ovi, Afrique du Sud), Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Ecole nationale vétérinaire de Toulouse (France), Centre de bio-informatique bordelais (CBIB, France), Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa, France), Génomscope.



Un zébu atteint de péripneumonie contagieuse bovine.

géographiques : le premier se retrouve principalement en Afrique de l'Ouest et du Centre ; le deuxième est présent en Afrique du Sud et de l'Est, en Australie et en Inde ; le dernier se situe en Europe. Cette étude prouve aussi que les foyers européens de péripneumonie des années 1990 n'étaient pas d'origine africaine mais qu'il s'agissait sans doute de résurgences. Ce résultat pose le problème de la persistance de ces souches, soit dans un réservoir inconnu, soit sous une forme apathogène susceptible de revenir à la virulence. Par ailleurs, en révélant un lien génétique entre la souche européenne de 1967 et les souches isolées en Afrique et en Australie, elle confirme les données historiques, qui établissent une relation entre la colonisation au XIX^e siècle et l'introduction de la péripneumonie en Afrique australe et en Australie.

Colonies de *Mycoplasma mycoides subsp. mycoides biotype Small Colony*.



Un ambitieux projet de séquençage de 22 génomes de plusieurs espèces de mycoplasmes d'origine animale est en cours. Il permettra d'identifier les flux de gènes entre des espèces phylogénétiquement éloignées mais partageant un même écosystème et de comparer les génomes d'espèces ou de souches au pouvoir pathogène très différent.

Des vaccins plus efficaces

Les travaux de séquençage n'ont pas mis en évidence de facteurs de virulence majeurs. Les recherches en vaccinologie s'appuient donc sur d'autres approches, comme l'immunologie ou la génomique fonctionnelle.

La première stratégie vaccinale consiste à développer des vaccins sous-unités, qui sont constitués de protéines antigéniques du micro-organisme responsable de la maladie. Les critères de sélection des protéines vaccinales ont été définis en fonction de la caractérisation des paramètres immunitaires protégeant les bovins contre la péripneumonie. Deux antigènes ont ainsi été identifiés : la lipoprotéine A (LppA) et une protéine liée au transport du glucose, la PtsG. Chacun de ces antigènes induit à la fois la production d'anticorps et une réponse immunitaire cellulaire mémoire, qui repose sur des lymphocytes CD4 sécrétant de l'interféron gamma. Leur association dans un vaccin recombinant

ayant pour vecteur des capripoxvirus va faire l'objet d'un premier essai au printemps 2009, en collaboration avec les laboratoires vétérinaires d'Afrique du Sud et du Mali. La péripneumonie contagieuse bovine étant une maladie respiratoire, la délivrance du vaccin par voie mucosale (orale, intranasale), plus efficace, est à l'étude.

La seconde stratégie repose sur la mise au point de vaccins atténués. Des outils de génomique fonctionnelle adaptés aux mycoplasmes, et développés par l'Inra (Institut national de la recherche agronomique), sont utilisés par les équipes du Cirad pour obtenir des mutants à partir d'une souche de MmmSC pathogène. L'objectif est d'identifier des gènes potentiellement liés à la virulence et de supprimer des gènes codant des protéines capables d'induire de fortes réponses anticorps. Ces recherches aboutiront à la création, avec les producteurs africains, de vaccins atténués, par délétion de gènes de virulence, et « marqués », c'est-à-dire qui offrent la possibilité de distinguer les animaux malades de ceux qui ont été vaccinés.

L'ensemble de ces travaux démontre l'intérêt d'une approche pluridisciplinaire pour le contrôle de cette pathologie majeure du bétail.

Contact

François THIAUCOURT,
Contrôle des maladies animales
exotiques et émergentes (CMAEE)

Dedieu L., Totte P., Balcer-Rodrigues V., Vilei E.M., Frey J., 2009. Comparative analysis of four lipoproteins from *Mycoplasma mycoides subsp. mycoides* Small Colony identifies LppA as a major T-cell antigen. CIMID, doi : 10.1016/j.cimid.2008.08.011.

Lorenzon S., Manso-Silvn L., Thiaucourt F., 2008. Specific real-time PCR assays for the detection and quantification of *Mycoplasma mycoides subsp. mycoides* SC and *Mycoplasma capricolum subsp. capripneumoniae*. Molecular and Cellular Probes, 22 : 324-328.

Yaya A., Manso-Silvn L., Niang M., Blanchard A., Thiaucourt F., 2008. Genotyping of *Mycoplasma mycoides subsp. mycoides* SC by multilocus sequence analysis allows molecular epidemiology of contagious bovine pleuropneumonia. Research in Microbiology, 39 : 14.

MALADIES ÉMERGENTES : évaluer les risques sanitaires et socio-économiques

La gestion intégrée des maladies s'appuie sur une connaissance précise des systèmes, des zones et des périodes à risques, mais aussi sur l'évaluation de leur impact et des retombées socio-économiques des mesures de contrôle. Outre les sciences vétérinaires, elle mobilise un ensemble de disciplines comme l'écologie, l'épidémiologie, la modélisation, auxquelles s'adjoignent de plus en plus les sciences économiques et sociales. Le Cirad et ses partenaires l'ont mise en œuvre pour plusieurs maladies émergentes ou en expansion, en Afrique et en Asie.

Nos sociétés modernes pourraient être actuellement à l'aube d'une quatrième rupture épidémiologique de dimension mondiale, après celle du néolithique, associée à la domestication animale, et les deux ruptures liées à l'urbanisation et aux échanges commerciaux, qui ont entraîné les « unifications microbiennes » de l'Eurasie à partir du V^e siècle puis des Ancien et Nouveau

Mondes à partir du XV^e siècle. La grippe pandémique, les fièvres hémorragiques virales, animales et humaines, sont en effet autant de « tempêtes microbiennes » émergentes ou redoutées, qui résultent de multiples causes environnementales et socio-économiques, mais surtout de contacts plus fréquents et plus intenses entre les hommes et les réservoirs animaux. Dans un tel contexte, il est devenu indis-

pensable d'évaluer l'ensemble des facteurs impliqués dans les dynamiques épidémiologiques, non seulement les facteurs biologiques, trop souvent seuls pris en compte, mais aussi les facteurs environnementaux, économiques et sociétaux. Il apparaît essentiel de développer des systèmes de surveillance et de contrôle fondés sur une évaluation des risques qui intègrent les dynamiques humaines et sociales : le coût-

Partenaires

Services nationaux de recherche agricole (Ethiopie, Mali, Vietnam), Université de Kasetsart (Thaïlande), Université de Pretoria (Afrique du Sud), National Institute for Veterinary Research (NIVR, Vietnam), Institut Pasteur (Cambodge, Madagascar), The Royal Veterinary College (Royaume-Uni), Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, Italie), Organisation mondiale de la santé animale (OIE, France), International Livestock Research Institute (Ilri, Kenya), Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Institut de recherche pour le développement (IRD, France), Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa, France), Centre de recherche et de veille sur les maladies émergentes de l'océan Indien (CRVOI, France), Ecole nationale vétérinaire de Toulouse (France).

Vaccination des volailles contre la grippe au Vietnam.





Troupeaux à Debre Behran, en Ethiopie.

efficacité de ces systèmes, leur perception et leur acceptation par les éleveurs, les professionnels de la santé et la société tout entière.

Une démarche intégrée

Cette approche intégrée est mise en œuvre par le Cirad et ses partenaires pour plusieurs maladies émergentes ou en expansion. Ainsi, un corpus de méthodes et d'outils, qui associe écologie, épidémiologie quantitative, socio-économie, modélisation statistique et mathématique, est appliqué à plusieurs maladies : l'influenza aviaire, la peste porcine africaine, la tuberculose bovine, les fièvres hémorragiques, la fièvre catarrhale ovine comme modèle d'émergence liée au climat. Parallèlement, le Cirad développe des recherches en épidémiologie évaluative appliquée aux stratégies de vaccination et aux méthodes innovantes d'évaluation des systèmes de

surveillance. Cette double problématique, de recherche et de gestion du risque, est fondamentale dans les pays du Sud où les ressources humaines et financières sont limitées et où les réseaux de communication rendent les interventions difficiles. C'est le cas en Afrique subsaharienne, en particulier en Afrique australe et en Afrique de l'Ouest sahélienne, dans le Bassin méditerranéen, où peuvent apparaître des maladies qui menacent l'Europe, et, depuis peu, en Asie du Sud-Est.

L'Afrique australe et l'Asie du Sud-Est, deux régions particulièrement concernées

En Afrique australe, les recherches portent sur les risques de transmission des maladies entre les espèces sauvages et domestiques et les populations humaines. Les travaux se concentrent sur les points d'émergence, en considérant les transmissions entre espèces dans un contexte de forte pression écologique : fragmentation et transformation des habitats, perte de biodiversité...

En Asie du Sud-Est, où sont réunis plusieurs facteurs de risque – écologiques, agro-industriels, socio-économiques et politiques –, les espaces propices à l'émergence de maladies se multiplient. La panzootie actuelle d'influenza aviaire, originaire d'Asie, et ses risques d'évolution vers une pandémie ont imposé des mesures de contrôle et de lutte vétérinaire plus strictes dans les pays où la maladie est récurrente et enzootique, particulièrement en Asie du Sud-Est continentale. Dans cette région, plusieurs autres pathologies à réservoir animal sont apparues ces dernières années, comme les maladies

virales porcines et le syndrome respiratoire aigu sévère (Sras), ou sont en voie d'émergence, comme l'encéphalite japonaise, le surra et la peste des petits ruminants. D'autres encore pourraient y être introduites à partir d'autres continents, en particulier le continent africain : peste porcine africaine, fièvre de la vallée du Rift.

Des réseaux de compétences internationaux

La plupart de ces maladies émergentes sont transfrontalières et imposent donc une approche régionale de leurs déterminants. Le Cirad a ainsi conclu des accords avec les pôles d'excellence que sont les universités sud-africaines et australiennes et les centres régionaux de référence afin de constituer des réseaux de compétences internationaux, qui associent partenaires institutionnels et scientifiques. Par une approche comparative, ces réseaux seront mieux à même de produire des connaissances génériques sur l'émergence des maladies et de confronter l'efficacité médicale et économique des systèmes de lutte. A terme, l'un des enjeux majeurs sera de faire converger des équipes médicales et vétérinaires travaillant dans le domaine de la santé publique, comme c'est déjà le cas en Afrique du Sud et en Thaïlande, et de proposer des politiques sanitaires compatibles avec les attentes sociales et économiques des populations.

Contact

François ROGER, Animal et gestion intégrée des risques

Caron A., Gaidet N., de Garine-Wichatitsky M., Morand S., Cameron E.Z., 2008. Evolutionary biology, community ecology and avian influenza research. *Infection, Genetics and Evolution*.

Chevalier V., Martin V., de la Rocque S., Roger F., 2008. Combating and predicting Rift valley fever outbreaks: a scientific and geopolitical challenge for the future. *In : Emerging Infection 8, American Society for Microbiology. ASM Press, 468 p.*

Peyre M., Fusheng G., Desvaux S., Roger F., 2008. Avian influenza vaccines: a practical review in relation to their application in the field with a focus on the Asian experience. *Epidemiology and Infection, 136 : 1-21.*



Elevage de porcs à Phitsanulok, en Thaïlande.

Suivi des virus de la grippe aviaire chez les canards sauvages et dans l'environnement

La situation mondiale de l'influenza aviaire est actuellement toujours jugée critique par l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE). Alors que cette maladie se maintient dans plusieurs régions, de nombreuses questions restent posées quant aux cycles de transmission des virus, à leur survie dans l'environnement et au rôle des oiseaux sauvages dans leur dispersion. Lors d'un programme de surveillance de la FAO, coordonné par le Cirad en collaboration avec Wetlands International, une infection naturelle par un virus de l'influenza aviaire hautement pathogène a été pour la première fois détectée chez des canards sauvages sains au Nigeria. La capacité de survie des virus dans l'eau dépend des caractéristiques environnementales du milieu. Grâce à des outils de télédétection, le Cirad tente d'identifier les zones en eau potentiellement favorables à la survie des virus et de les classer selon des paramètres biophysiques. Il évalue aussi la portée et

le taux de dispersion potentiel des virus H5N1 par les canards migrateurs grâce au suivi de leurs déplacements par télémétrie satellitaire. Ces données environnementales et écologiques s'intégreront à des modèles plus généraux sur la persistance et la diffusion du virus.

Contacts

Nicolas GAIDET, Flavie GOUTARD,
Animal et gestion intégrée des risques

Partenaires

Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, Italie), Wetlands International (Pays-Bas), Instituts Pasteur (France, Cambodge), Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Department of Livestock Development (DLD, Thaïlande), Projet Resistance of Influenza Viruses in Environmental Reservoirs and Systems (Rivers), de l'Union européenne

En savoir plus

Gaidet N., Cattoli G., Hammoumi S., Newman S.H., Hagemeijer W., Takekawa J.Y., Cappelle J., Dodman T., Joannis T., Gil P., Monne I., Fusaro A., Capua I., Manu S., Micheloni P., Ottosson U., Mshelbwala J.H., Lubroth J., Domenech J., Monicat F., 2008. Evidence of infection by H5N2 highly pathogenic avian influenza viruses in healthy wild waterfowl. PLoS Pathogens, 8 : doi : 10.1371/journal.ppat.1000127.

Gaidet N., Newman S.H., Hagemeijer W., Dodman T., Cappelle J., Hammoumi S., De Simone L., Takekawa J.Y., 2008. Duck migration and past influenza A (H5N1) outbreak areas. Emerging Infectious Diseases, 7 : 1164-6.

Dendrocygne veuf équipé d'une balise satellite.



Contribuer à la réduction des inégalités structurelles et de la pauvreté

Depuis le Sommet mondial sur le développement durable de 2002 et la reconnaissance des objectifs du Millénaire pour le développement, les inégalités structurelles liées au sous-développement mobilisent la communauté internationale. La réduction de ces inégalités passe par une régulation politique et la mobilisation de la société civile. Les politiques publiques deviennent ainsi des objets de recherche importants pour comprendre les facteurs de résistance aux changements et les leviers du développement.

Depuis 2000, les connaissances accumulées à Madagascar par le Cirad sur l'aide à la décision publique dans la filière rizicole et l'étude des politiques publiques ont conduit à mettre en question les modes de régulation en œuvre depuis l'Indépendance. Une analyse des prix du riz a ainsi révélé l'incapacité de la filière à accumuler durablement le capital, condamnant dès lors les acteurs à la pauvreté. Un nouveau cadre a été proposé, qui réhabilite les politiques publiques et donne à l'Etat la possibilité de créer les conditions favorables au fonctionnement du marché.

Encore faut-il que l'objectif des changements proposés soit correctement perçu par l'ensemble des acteurs. Ainsi, la mise en conformité de la filière aquacole philippine avec les exigences sanitaires européennes a rapidement profité aux grands acteurs économiques sensibles à l'argument d'autoroutes économiques s'ouvrant vers l'Europe. D'autres acteurs, en revanche, qui ont mal perçu l'importance des enjeux d'une meilleure gestion des risques sanitaires, n'ont rien changé à leurs pratiques. A l'écoute des consommateurs locaux, les *consignacions* (qui jouent à la fois le rôle de débarcadères de crevettes, de stations de tri et de calibrage, de criées, d'organismes de financement des producteurs et de fournisseurs d'intrants) sont restés insensibles aux normes européennes... Pour les séduire, ce sont d'autres attentes qu'il aurait fallu évoquer, celles des consommateurs locaux, eux aussi à la recherche de produits plus sains. Mais, entre consommateurs locaux et *consignacions*, le lien est brisé par l'ensemble des processus d'intermédiation.

Le cas philippin pointe du doigt les nouveaux enjeux de la mondialisation du commerce : les problèmes doivent être abordés de manière globale, en tenant compte des dimensions locales et en mobilisant l'ensemble des acteurs concernés. C'est dans cet esprit qu'a été mis en place en Thaïlande un Pôle de compétences en partenariat destiné à améliorer la filière de l'hévéa. Ce pôle rassemble l'ensemble des acteurs autour du Cirad, des universités de Kasetsart et Prince of Songkla et du ministère de l'Agriculture thaïlandais.

Au Cirad, depuis une dizaine d'années, la recherche sur les politiques publiques fait l'objet de partenariats avec les universités du Sud : université de Pretoria, en Afrique du Sud, universités Cheick Anta Diop et Gaston Berger, au Sénégal... Grâce aux données engrangées par plusieurs années de travail de terrain, le Centre dispose désormais d'une expérience transposable à d'autres situations.

Les POLITIQUES PUBLIQUES à Madagascar : dix ans de recherche

Le Cirad travaille depuis plusieurs années sur les politiques publiques à Madagascar. Il a ainsi accumulé un ensemble de connaissances qui éclaire la situation du pays et permet de mieux comprendre les enjeux de l'agriculture familiale, le sens donné par les acteurs au développement durable et les mécanismes de sortie des situations de pauvreté.

Comment s'élaborent les politiques publiques à plusieurs échelles de temps ? Quels processus sociaux et économiques sous-tendent les politiques structurelles ? Quel est l'impact de ces processus et de ces politiques sur le fonctionnement du marché du riz ou sur la gestion de l'espace urbain ? En travaillant sur les filières et les marchés agroalimentaires à Madagascar, le Cirad a été amené à se poser ces questions et à examiner, sur le long terme, les politiques publiques, qui conditionnent les performances sectorielles et, plus généralement, le développement économique et social. Une analyse indispensable pour mieux comprendre à la fois les résistances au changement et les leviers du développement.

Politiques rizicoles et nouveaux modes de régulation

Depuis 2000, le Cirad réalise des travaux sur l'aide à la décision publique dans la filière rizicole, dans le cadre de recherches sur la riziculture durable, d'expertises pour les bailleurs de fonds, de séminaires de formation à l'analyse de filière ou de sa participation à un groupe de réflexion sur la filière et la politique rizicoles. Ces travaux ont débouché sur des documents officiels de politique rizicole et sur des recommandations quant aux mesures conjoncturelles nécessaires en situation d'augmentation des prix à la consommation. Ils ont été capitalisés en 2008 par une analyse du « paradoxe des prix » du riz, qui souligne l'incapacité de la

filière à accumuler durablement le capital, condamnant ainsi la plupart de ses acteurs à la pauvreté.

Cette réflexion rétrospective sur les modes de régulation de la filière a aussi abouti à des propositions dans le domaine de l'organisation et de la répartition des rôles entre l'Etat et le marché. Ainsi, un observatoire du riz et une plate-forme de concertation et de gestion de la filière ont été mis

en place afin d'assurer la circulation de l'information économique et la transparence du pilotage sectoriel.

Le diagnostic historique a remis en question les deux modes de régulation qui existaient depuis l'Indépendance : un interventionnisme généralisé de l'Etat, qui bridait le marché, et une libéralisation imposée de la production et des prix, sans que le marché ait atteint une maturité suffisante. Le nouveau cadre proposé réhabilite les politiques publiques assumées (infrastructures, biens publics...) pour faciliter les investissements privés dans les actifs spécifiques et sécuriser l'environnement économique des agents de façon à permettre aux agriculteurs de prendre des risques mesurés. L'Etat se borne alors à créer les conditions favorables au fonctionnement d'un marché libre et en voie d'organisation.

Partenaires

Université d'Antananarivo, Ecole supérieure des sciences agronomiques (Essa), Centre national de la recherche appliquée au développement rural (Fofifa), Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, Equipe permanente de pilotage du Plan d'action pour le développement rural (EPP-PADR), Secrétariat multibailleurs (SMB), Institut de recherche pour le développement (IRD, France), Institut national de recherche agronomique (Inra, France), Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO), Banque mondiale, Ministère des Affaires étrangères et européennes.

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre des programmes de recherche Systèmes de culture et rizicultures durables (Scrid), Implications structurelles de la libéralisation sur l'agriculture et le développement rural (RuralStruc), Production des politiques et compromis institutionnels autour du développement durable (Propocid).

Des risques liés à l'accroissement de la population rurale

Le Cirad s'est aussi intéressé à l'impact des politiques sur le développement rural. L'agriculture malgache a longtemps fourni suffisamment d'activités et d'emplois pour absorber l'accroissement de la population rurale, même dans les zones à forte concentration démographique. Ce n'est plus le cas, et le pays est désormais engagé dans une impasse démo-économique. Selon une analyse réalisée dans le cadre d'un programme de recherche sur les impli-

*L'Etat doit accompagner
l'amélioration
de la productivité
de l'agriculture en vue
d'une sortie durable
de la pauvreté. L'adoption
d'une innovation
technique assez simple
telle que le repiquage
en ligne a pris quarante ans
dans certaines communes
de Madagascar.*



© P. Grandjean/Cirad

cations structurelles de la libéralisation, l'espace est désormais saturé dans certaines régions rurales et le secteur agricole peine à occuper les nouvelles générations, et ce dans un contexte de marché de plus en plus globalisé. Grâce aux solutions préconisées selon les situations, qu'il s'agisse de proposer des innovations agricoles, de développer la pluriactivité, de mettre en valeur de nouveaux espaces ou d'intégrer l'agriculture aux marchés, il sera possible de mieux orienter l'action publique.

Développement durable et politiques publiques

Face au cercle vicieux de la pauvreté rurale et de la dégradation de l'environnement, il devient indispensable de s'interroger sur la pérennité des modes de production et des politiques publiques. Dans le cadre d'un projet de recherche centré sur le développement durable, le Cirad a examiné la façon dont ce concept est apparu à Madagascar et comment il a modifié les modes d'élaboration des politiques agricoles et leur contenu. Par

rapport à d'autres pays où il est appréhendé en lien direct avec le développement rural, à Madagascar, le développement durable est raisonné en termes de déforestation et de préservation de la biodiversité.

La première phase de cette étude s'est achevée avec l'organisation, en décembre 2008, d'un atelier ouvert aux décideurs. Il avait pour objectif de confronter les résultats obtenus avec



© M.H. Dabat/Cirad

*A Madagascar,
de plus en plus de jeunes
insuffisamment éduqués
se présentent sur le marché
du travail dans le milieu rural
sans que l'agriculture
ou les autres secteurs économiques
puissent leur fournir un emploi durable.*

l'expérience des acteurs de la conception et de la mise en œuvre des politiques étudiées, au moment même où se préparaient les politiques sectorielles liées au plan d'action malgache.

Que ce soit pour comprendre l'impact des politiques rizicoles ou les modes d'élaboration de politiques agricoles et rurales, il est essentiel d'analyser l'action publique sur le temps long. Les connaissances acquises tout au long de ces années ont aussi mis en évidence le caractère incontournable de l'agriculture familiale : c'est l'élément central d'une politique publique qui vise à réduire les inégalités structurelles et la pauvreté. Les décideurs ont parfois tendance à l'oublier et à s'appuyer sur un secteur privé plus réactif, espérant ainsi parvenir à des résultats plus rapides. Mais le développement durable est un processus complexe, que la recherche tente d'explicitier pour étayer des politiques efficaces.

Contact

Marie-Hélène DABAT,
Actions collectives, politiques
et marchés.

En savoir plus

Bosc P.M., Dabat M.H., Maître D'Hôtel E., 2008. L'insertion du développement durable dans les trajectoires des politiques agricoles et rurales : une analyse comparative Madagascar-Mali. In : La problématique du développement durable vingt ans après. Clerse, CNRS, université Lille I, 28 p.

Dabat M.H., Gastineau B., Jenn-Treyer O., Rolland J.P., Martignac C., Pierre-Bernard A., 2008. L'agriculture malgache peut-elle sortir de l'impasse démo-économique ? In : Libéralisation, processus d'intégration régionale et restructurations agricoles au Sud et à l'Est, regards croisés. Autrepart, 46 : 189-202.

Dabat M.H., Jenn-Treyer O., Razafimandimby S., Bockel L., 2008. L'histoire inachevée de la régulation du marché du riz à Madagascar. Economie rurale, 303-305 : 75-89.

QUELS ENSEIGNEMENTS tirer de la mise en conformité de la filière aquacole philippine avec les exigences sanitaires européennes ?

En 2006, la mise en conformité de la filière aquacole des Philippines avec les exigences sanitaires européennes a été réalisée en un temps record, grâce à une très forte volonté politique, avec l'appui du Cirad. Ce processus s'est pourtant imposé aux acteurs de la filière à la manière d'une contrainte nouvelle, qui perturbe les stratégies et les équilibres locaux. Quels enseignements tirer de cette expérience ?

La mondialisation du commerce des produits aquacoles a entraîné l'apparition et le développement de modes d'échange et de régulation fondés sur des normes sanitaires internationales censées apporter une réponse à l'une des grandes peurs actuelles des sociétés occidentales, la sûreté des aliments. Entre 2004 et 2006, la mise en conformité de la filière des crevettes philippines avec la législation sanitaire européenne a été un exemple de mobilisation et de réussite, mais a aussi suscité des interrogations sur sa durabilité. Le Cirad, qui a contribué à ce succès par son expertise, a lancé une étude afin de mieux comprendre les tenants et les aboutissants de ces nouvelles pratiques des échanges Nord-Sud.

Un système piscicole original

L'étude a été réalisée dans le delta de la Pampanga, au nord de la baie de Manille, qui concentre l'essentiel de la production aquacole crevette destinée à l'exportation. Il s'agit d'une zone exposée à de nombreux cataclysmes naturels, où

l'aquaculture extensive est une activité très ancienne, plus que centenaire. Les tendances récentes montrent un appauvrissement de la zone, marqué par la réduction des moyens d'existence des communautés et par des tensions croissantes. L'aquacul-



Récolte de crabes dans un étang de polyculture de la province de Pampanga, aux Philippines.

ture bénéficie pourtant localement d'une assise sociale très originale, le système Mangangapa-De Gatton. Les Mangangapas sont des pêcheurs pauvres, qui récoltent les animaux aquatiques à mains nues dans les rivières, ainsi que le rebut des étangs de pisciculture, pour les revendre à des De Gatton, qui organisent l'activité. Dans certains villages côtiers, 80 % des familles survivent grâce à ce système de glanage.

Les exclus de la mise en conformité

En ce qui concerne les acteurs de la filière aquacole, le principal bénéficiaire de la mise en conformité avec la législation européenne a été l'autorité sanitaire philippine, dont la compétence a été reconnue et l'autorité renforcée. Pour les opérateurs privés, ce processus a en revanche induit une dualisation marquée du secteur. Trois exportateurs ont réalisé les investissements nécessaires et ont maintenu leur capacité d'exportation vers l'Europe, en bénéficiant au passage du prestige de leur accréditation, assimilée à un label de qualité. En

Partenaires

Bureau of Fisheries and Aquatic Resources (Philippines), Centre de sociologie des organisations, CNRS, Science Po Paris (France), Université de Stirling (Royaume-Uni), Municipalité de Sasmuan (Philippines), Ambassade de France (Philippines)

revanche, la plupart des autres acteurs sont restés en dehors du circuit, pour des raisons qui ne sont souvent ni économiques, ni techniques. C'est le cas des *consignacions*, qui jouent à la fois le rôle de débarcadères de crevettes, de stations de tri et de calibrage, de criées, d'organismes de financement des producteurs et de fournisseurs d'intrants. Leur exclusion des marchés européens était parfaitement justifiée sur un plan sanitaire, mais elle est problématique du point de vue du développement durable.

Des choix guidés par des stratégies locales

Malgré le caractère international de la filière, les choix des acteurs résultent avant tout d'équilibres et de stratégies locaux, fortement teintés par le système de valeurs culturelles philippin, qui privilégie les relations personnelles non conflictuelles (*pakikisama*) et la loyauté envers les partenaires (*suki*). Cette situation peut s'expliquer par la perte du lien entre producteurs et consommateurs, propre à toutes les

filières de la mondialisation : quand ce lien est rompu, chaque extrémité de la chaîne devient un concept abstrait pour l'autre extrémité. Or si on sait depuis quelques années que la confiance du consommateur est d'autant plus grande que les producteurs sont capables de faire remonter, via l'intermédiation marchande, un message sur la qualité et les conditions de production de leurs produits, les travaux actuels révèlent un phénomène similaire en sens inverse : la prise de conscience des producteurs est d'autant plus grande que les consommateurs sont capables de faire connaître leurs attentes. A défaut, le contexte local prend une importance déterminante et les producteurs développent une perception fortement imprégnée de leur environnement culturel quotidien. L'opposition latente des *consignacions* à l'adoption de pratiques plus hygiéniques ne s'explique donc pas tant par une impossibilité ou un refus de se conformer que par une perception erronée de l'importance des enjeux. Y remédier par la contrainte offre peu de perspectives dans le contexte actuel, dans la mesure où cela ne pourrait que renforcer la dualisation des filières, qui n'est satisfaisante ni pour les producteurs ni pour les consommateurs. La seule issue consisterait donc en une approche globale, qui s'attacherait à rétablir le lien de l'intermédiation marchande entre les pays du Sud et les marchés de consommation.

Le cas philippin pointe du doigt les nouveaux enjeux de la mondialisation du commerce des produits aquacoles tropi-

caux. Bien qu'indispensable, il semble peu probable que le fait d'imposer des normes de qualité toujours plus strictes contribue, seul, à enrayer durablement la multiplication des crises sanitaires si le problème n'est pas abordé de manière globale, en tenant compte de sa dimension locale. La filière de la crevette philippine offre, de ce point de vue, un cadre d'étude prometteur pour concevoir et proposer des pratiques innovantes qui répondent à ce défi.

Contact

Lionel DABBADIE, Aquaculture et gestion des ressources aquatiques

Dabbadie L., Diaz A., Dubuisson-Quellier S., Little D., Morales E., Morissens P., Pelayo L., Regidor S., Vagneron I., 2008. International food quality and safety standards in aquaculture: the case study of the compliance of the Philippines' shrimp sector with EU food safety law. In : Aquaculture Europe 2008, European Aquaculture Society, Cracovie, Pologne.

Dabbadie L., Regidor S., Pelayo L., Diaz A., Lazard J., 2007. The requirements of the new EU food law: impact for the aquaculture production chain. In : AITVM Symposium, Montpellier, 20-23 août 2007, 3 p.

Parker S.J., 2008. Extensive shrimp farming provides an important livelihood for poor rural communities in the Philippines: The Mangan-gapa and Degaton system described. MSc Dissertation, Institute of Aquaculture, University of Stirling, Royaume-Uni.

En savoir plus



Ramassage manuel des crevettes, poissons et crabes dans un étang de polyculture de la province de Pampanga, aux Philippines.

Une plate-forme sur l'hévéa en Thaïlande

Depuis de nombreuses années, le Cirad conduit des recherches sur l'hévéa en Thaïlande, avec tous les acteurs du développement – planteurs, usiniers, organismes de développement agricole, centres de recherche et universités. Afin de renforcer la synergie entre ces différents acteurs, le Cirad, les universités de Kasetsart et Prince of Songkla et le ministère de l'Agriculture thaïlandais ont créé, en mai 2008, un nouveau Pôle de compétences en partenariat appelé Hevea Research Platform in Partnership (HRPP). Ils ont été rejoints depuis par huit membres associés.

Les objectifs de cette plate-forme sont d'améliorer la productivité et la pérennité des plantations villageoises, d'évaluer les impacts et les services environnementaux de la filière et d'adapter de façon durable la production et la transformation des produits à la demande. Le projet scientifique construit par l'ensemble des partenaires se fonde sur une approche intégrée, qui se décline en quatre volets : socio-économie des pratiques hévéicoles ; agronomie, physiologie et environnement ; biotechnologie et performance du matériel végétal ; technologie et qualité du caoutchouc. Un volet de formation diplômante de type master international viendra compléter ce dispositif.

Cette plate-forme, située dans un pays à revenus intermédiaires, offre la possibilité de développer une approche « bien public international » dans une filière de grande importance et de favoriser la coopération régionale.

Contact

Laurent VAYSSE, Ingénierie des agropolymères et technologies émergentes (late)

Partenaires

Universités de Kasetsart, Prince of Songkla, de Mahidol, de Khon Kaen et de Ubon Ratchatani (Thaïlande), Ministère de l'Agriculture (Thaïlande), Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Institut de recherche pour le développement (IRD, France), Montpellier SupAgro (France), Universités Montpellier II et Blaise Pascal (France).

Bailleurs de fonds : Ambassade de France (Thaïlande), Commission on Higher Education (CHE, Thaïlande), Thailand Research Fund (TRF, Thaïlande).

En savoir plus

Kositsup B., Kasemsap P., Ameglio T., Thaler P., 2008. Photosynthetic capacity and temperature responses of photosynthesis of rubber trees (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) acclimate to changes in ambient temperatures. *Trees*. (sous presse)

Liengprayoon S., Bonfils F., Sainte-Beuve J., Sriroth K., Dubreucq E., Vaysse L., 2008. Development of a new procedure for lipid extraction from *Hevea brasiliensis* natural rubber. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110 : 563-569.

Rattanawong R., Prapan K., Lekawipat N., Teerawatanasuk K., Kasemsap P., Seguin M., Clément-Demange A., 2008. QTLs detection for growth and initial latex production in rubber (*Hevea brasiliensis*). In : IRRDB Conference, Kula Lumpur, 12-15 novembre 2008.

Mieux comprendre les relations entre nature, agriculture et sociétés pour gérer durablement les espaces ruraux tropicaux

Elaborer des modes de gestion durable des espaces ruraux et des écosystèmes, menacés dans de nombreuses régions, implique de connaître, d'une part, les ressources et leurs évolutions, d'autre part, les interactions entre leurs diverses composantes, tant dans leurs dimensions biologique que sociale.

Prenons la gestion participative des territoires. Celle-ci implique une multitude d'acteurs et de points de vue qu'il faut concilier. En effet, si l'une des parties s'estime lésée, son adhésion risque d'être remise en question à la première occasion... Lorsqu'il s'agit de la gestion de l'eau ou de l'affectation des terres, l'enjeu peut être vital et les points de vue très difficiles à concilier. Ainsi en est-il des expériences de gestion des aires protégées et de leurs périphéries.

Dans le domaine de la gestion de l'eau, le Cirad apporte un appui aux gestionnaires et aux utilisateurs des périmètres irrigués ou des services d'eau potable. Il a développé des outils d'analyse, de simulation et de gestion mis au point avec ces acteurs. La participation du Centre au XIII^e Congrès mondial de l'eau a été l'occasion de présenter plusieurs projets conduits avec ses partenaires sur la gestion collective d'une ressource à l'origine de nombreuses tensions.

Dans le même esprit, le Centre a conçu et développé un ensemble d'outils pour permettre aux acteurs d'explicitier et de partager leurs points de vue et faciliter une démarche prospective sur l'affectation des terres. Cette démarche de « modélisation d'accompagnement » a été testée dans deux contextes différents : à la Réunion, où elle s'est inscrite dans le cadre institutionnel de la révision des documents de planification territoriale de la région, des intercommunalités et des communes ; au Sénégal, dans le contexte d'une planification embryonnaire de la gestion du lac de Guiers.

Dans un tout autre domaine, la composition chimique de la matière organique du sol a servi à reconstituer l'évolution des couverts végétaux anciens. L'objectif était de mieux comprendre, en Inde, la dynamique des mosaïques de forêts et de pelouses observées en altitude. Les résultats obtenus ont permis de ne pas se focaliser sur la seule préservation des forêts, mais également sur celle des pelouses plus anciennes.

Espaces ruraux et écosystèmes menacés, extension de l'agriculture engendrant de fortes pressions sur l'environnement, pouvant même entraîner des conflits..., l'enjeu est désormais de développer une ingénierie des territoires qui s'appuie à la fois sur la production agricole et sur la restauration des services écologiques des écosystèmes. Depuis 1999, plusieurs dispositifs créés à l'initiative du Cirad fédèrent chercheurs ou équipes de multiples institutions pour traiter de ces questions pluridisciplinaires. L'un d'entre eux, le pôle Grand Sud Cameroun, identifié comme l'un des dispositifs structurants des activités du Cirad en Afrique, mobilise ainsi plusieurs équipes sur la gestion intégrée des exploitations agricoles familiales dans les écosystèmes agroforestiers du sud du pays.

Ces dispositifs illustrent l'esprit des recherches menées par le Cirad : une recherche en coopération, dont la problématique est construite avec tous les partenaires dans un but de partage des responsabilités et des produits.

« REGARDS CROISÉS sur la Tapoa » : bilan de la gestion communautaire des ressources naturelles en Afrique

Depuis une quinzaine d'années, les expériences de gestion communautaire des ressources naturelles se sont multipliées sur le continent africain et l'expertise francophone s'y est particulièrement développée, notamment dans la gestion des aires protégées et de leurs périphéries. Un atelier, organisé par le Cirad et ses partenaires, a permis de dresser un bilan des expériences récentes dans ce domaine et de confronter les points de vue de spécialistes africains venant d'horizons différents.

Plusieurs expériences enrichissantes de gestion communautaire des ressources naturelles ont vu le jour tant en Afrique australe, avec le programme Campfire au Zimbabwe, qu'en Afrique de l'Ouest, avec le parc régional du W, et en Afrique centrale, avec la gestion villageoise des zones de chasse en République centrafricaine. Elles ont permis d'identifier des principes qui doivent présider à l'implication des communautés dans la conservation des ressources naturelles.

Un atelier pour confronter les différentes démarches

Si ces approches font aujourd'hui globalement l'objet de bilans et d'examen critiques, les échanges entre les pays

anglophones et francophones sont restés trop rares et ce malgré l'intérêt d'une confrontation des principes et des résultats issus de contextes différents.

Forts de ce constat et de leur longue expérience dans la gestion communautaire de la biodiversité africaine, le Cirad et ses partenaires ont organisé, en mars 2008, un atelier panafricain sur ce thème. Il a

réuni à Niamey, au Niger, 74 participants, acteurs de la gestion communautaire des ressources naturelles et des aires protégées, issus d'une douzaine de pays africains – francophones et anglophones – et de six pays européens. A cette occasion, 40 études de cas ont été présentées et discutées. La diversité d'origine géographique ou d'appartenance institutionnelle des participants a donné lieu à des échanges

Un champ de maïs dans la zone communale du programme Campfire, au Zimbabwe.



Partenaires

World Wide Fund for Nature (WWF),
Union mondiale de la nature (UICN),
International Institute for Environment
and Development (IIED), Ministère
des Affaires étrangères et européennes,
Fonds français pour l'environnement
mondial (FFEM)



Comment impliquer les communautés dans la conservation des ressources naturelles ?

animés sur les enjeux et les pratiques de conservation de la biodiversité, mais aussi sur la participation et le renforcement des communautés riveraines des aires protégées et, d'une manière générale, sur le développement rural.

Divergences et similitudes pour enrichir le débat

L'atelier a révélé que les principaux points de blocage de ces actions de conservation communautaire sont les mêmes en Afrique anglophone et francophone : la difficile cohabitation entre l'homme et la faune, la coexistence sur les mêmes espaces de la production agricole et de la conservation de la biodiversité – notamment en situation de front pionnier agricole, comme c'est le cas avec le coton – et la complexité des institutions en jeu, coutumières et légales.

Des divergences sont également apparues. Ainsi, en Afrique francophone, la plupart des initiatives de conservation reposent sur une démarche d'aménagement du territoire en périphérie des aires protégées. Les problèmes de délimitation de l'espace – zonage, droits d'accès, sécurisation foncière – se posent alors de manière aiguë. En revanche, en Afrique anglophone, c'est plutôt par le biais des incitations économiques – développement du tourisme – et

du renforcement des compétences, par la formation entre autres, que cette question est abordée. L'implication des populations y est envisagée dans le cadre d'une approche théorique : la Community based natural resources management (CBNRM).

En partant de ces constatations, le Cirad, en partenariat avec l'IIED, a réalisé une comparaison sous-régionale approfondie sur la base de publications et d'études de cas, pour définir l'approche CBNRM et ses modes d'application à travers tout le continent. Cette analyse des spécificités sous-régionales devrait déboucher sur des recommandations, qui permettront aux décideurs de renouveler leur manière d'aborder ces questions et d'envisager leur stratégie d'action. En effet, l'impact des actions de conservation communautaire en Afrique n'est pas toujours à la hauteur des espoirs suscités en termes d'intégration entre développement rural et conservation.

Une démarche controversée

Dans le domaine de la gouvernance environnementale, définir des démarches participatives et les mettre en œuvre constitue encore un véritable défi pour les chercheurs, les opérateurs de terrain et les décideurs. Ces démarches, qui étaient perçues comme la panacée il y a quelques années encore, voient aujourd'hui leur efficacité largement remise en question. De nombreuses critiques portent sur les risques que des actions mal maîtrisées font peser tant sur le développement local que sur la biodiversité.

En matière de conservation, la priorité va, en effet, au développement d'approches standardisées de mise en œuvre de la participation, en négligeant la complexité et les spécificités institutionnelles, juridiques ou socio-économiques de chaque contexte. Les « vrais » bénéficiaires et « ayants droit » des approches communautaires restent alors difficiles à identifier. Une analyse approfondie de ces écueils devrait permettre de mieux cerner les modalités de mise en œuvre de ces actions participatives pour en améliorer leurs retombées locales, notamment économiques, et aller dans le sens d'une véritable responsabilisation des communautés dans la conservation des espaces protégés.

Un réseau de compétences panafricain

La dynamique instaurée par le Cirad avec l'atelier « Regards croisés sur la Tapoa » va se prolonger avec la création d'un réseau panafricain de compétences sur la conservation participative. Elle s'inscrit dans les réflexions actuelles sur la gouvernance environnementale en Afrique, tout en tenant compte des spécificités sous-régionales. Les principaux résultats de cette rencontre ont été présentés lors du Congrès mondial pour la nature de l'UICN, en octobre 2008, et plusieurs publications rassemblant ces travaux et réflexions devraient paraître prochainement.

Contact

Aurélie BINOT, Animal et gestion intégrée des risques

Troupeaux transhumants et pêcheurs, au Tchad.



Arnoldussen D., Binot A., Joiris D.V., Trefon T., Roulet P.A., Assenmaker P., 2008. Gouvernance et environnement en Afrique centrale : le modèle participatif en question. Tervuren : MRAC, 278 p.

Lebel S., Binot A., Mapuvire G., 2008. « Regards sur la Tapoa », échanges d'expériences panafricaines sur les approches communautaires de conservation des ressources naturelles (actes de l'atelier). Niamey, Niger, mars 2008. Biohub, ministère des Affaires étrangères et européennes. (<http://www.biohub-africa.org>)

Projet Gepac
www.ulb.ac.be/socio/anthropo/Gepac

RECONSTITUER les couverts végétaux anciens grâce à la matière organique du sol

On peut appréhender la matière organique des sols avec d'autres préoccupations que celle de la fertilité. Ainsi, la controverse qui a longtemps existé, en Inde, sur l'origine des mosaïques forêts-pelouses observées en altitude a été arbitrée grâce à son étude détaillée. Cette étude prouve qu'au dernier maximum glaciaire les pelouses occupaient l'ensemble des hautes terres, les forêts n'étant venues leur disputer la place que plus tard, sous l'effet du réchauffement. Un résultat essentiel pour bâtir un modèle paléoécologique réaliste et décider d'une politique de conservation du milieu scientifiquement fondée.

La matière organique des sols, l'humus des non-spécialistes, est souvent considérée comme un facteur de la fertilité et parfois comme un moyen de stockage du dioxyde de carbone atmosphérique. L'analyse détaillée de sa composition chimique, et plus précisément de la composition isotopique de son carbone, a montré qu'elle retient aussi la signature des couverts végétaux qui lui ont donné naissance. Elle peut donc être analysée pour retrouver ses lointains parents et ainsi reconstituer les environnements du passé. La matière organique joue alors le rôle d'une véritable empreinte génétique utilisable en paléoécologie.

En Inde du Sud, une controverse a longtemps régné sur l'origine des mosaïques de forêts sempervirentes de haute altitude et de pelouses, observées à 2 000 mètres et plus. Les tenants de la préexistence d'un couvert forestier continu interprétaient les

pelouses comme des perturbations anthropiques, autrement dit comme résultant de défrichements. L'étude des pollens piégés par les tourbières avait conduit à envisager des pulsations dans la composition des mosaïques car les spectres polliniques montraient des variations au cours du temps : prédominance des espèces forestières à certaines époques puis recrudescence des herbacées, mais toujours en mélange. Cependant, pour ce type d'enquête, les tourbières cumulent deux inconvénients qui nuisent à la représentativité du signal qu'elles fournissent : elles ne sont pas uniformément réparties sur les hautes terres et n'occupent souvent que le centre des massifs, de plus, mais c'est une évidence, elles occupent les points bas du paysage.

Les sols, avec la matière organique qu'ils contiennent, ne présentent pas ces inconvénients. Sur le massif des Nilgiris, où l'étude a été réalisée, les couches humifères sont très développées et la matière organique évolue très lentement en raison des températures basses qui règnent en altitude (moyenne annuelle de 15 °C, avec



Sur le massif des Nilgiris, les couches humifères sont très développées.

Partenaires

Universités de Poitiers et Paris VII,
Centre national de la recherche
scientifique (CNRS, France),
Institut français de Pondichéry (Inde).
Les analyses isotopiques ont été réalisées
par l'université et l'Inra de Nancy.

une moyenne mensuelle de seulement 5 °C en janvier). Ces conditions sont favorables à la constitution de complexes organométalliques – processus d'andisolisation –, qui conduit à des stocks de carbone immobilisés dans les sols de l'ordre de 80 tonnes par hectare sous pelouse et 110 tonnes sous forêt ; cette dernière valeur étant largement supérieure aux 64 tonnes par hectare que l'on trouve sous les forêts sempervirentes de basse altitude, pourtant beaucoup plus riches en biomasse.

L'analyse des isotopes du carbone de ces couches humifères a révélé qu'à leur base, vers un mètre de profondeur, la matière organique était vieille de 20 à 25 000 ans et qu'elle présentait une signature floristique de graminées, donc qu'elle s'était formée sous une pelouse. La couverture pédologique étant pratiquement continue, les analyses ont pu être répétées dans des régions dépourvues de tourbière et des résultats identiques ont été trouvés pour cet âge qui correspond au dernier maximum glaciaire (LGM). Dans les niveaux plus superficiels du sol, donc pour des périodes plus récentes, les résultats divergent en

fonction de la localité où a été réalisée l'analyse, ce qui signifie que l'évolution du couvert végétal n'a pas été homogène en tous points du massif. Il est donc aujourd'hui bien établi que la couverture végétale de ces massifs est passée par un stade de pelouse continue au moment du dernier maximum glaciaire ; les hautes terres étaient alors soumises à un climat plus froid que ce que peuvent supporter les forêts et se retrouvaient globalement situées au-dessus de la *tree line* des anglosaxons (altitude à partir de laquelle les arbres ne peuvent plus se développer). Avec le réchauffement climatique qui a suivi ce maximum glaciaire, les arbres ont pu se réinstaller progressivement, mais de façon plus ou moins rapide et plus ou moins complète selon les lieux.

Ces résultats sont essentiels pour réhabiliter les pelouses dans les politiques de préservation de l'environnement et leur attribuer une valeur de conservation équivalente à celle des forêts. Les politiques récentes de reboisement, qui se mettent en place au détriment des pelouses d'altitude et se fondent sur l'idée que la forêt était l'habitat naturel de ces hautes terres,

sont scientifiquement infondées. De nombreuses études d'écologie des mammifères, qui faisaient l'hypothèse d'un continuum forestier en cours de fragmentation, le sont tout autant. Enfin, la confrontation de ces résultats avec les données anthropologiques concernant le peuplement de ces hautes terres a permis d'en comprendre certains déterminants écologiques.

Contact

Gérard BOURGEON,
Risque environnemental
lié au recyclage

Caner L., Lo Seen D., Gunnell Y., Ramesh B.R., Bourgeon G., 2007. Spatial heterogeneity of land cover response to climatic change in the Nilgiri highlands (Southern India) since the last glacial maximum. *The Holocene*, 17 : 195-205.

Krishnan P., Bourgeon G., Lo Seen D., Nair K.M., Prasanna R., Srinivas S., Muthusankar G., Dufy L., Ramesh B.R., 2007. Organic carbon stock map for soils of Southern India: A multifactorial approach. *Current Science*, 93 : 706-710.

En savoir plus

*Mosaïque de forêts sempervirentes
de haute altitude et de pelouses.*



La modélisation d'accompagnement au service de la concertation pour l'affectation des terres

La gestion participative des territoires implique une multitude d'acteurs, donc de points de vue sur les dynamiques en cours. Dans le cadre d'un projet de recherche dont l'objectif était de comprendre les processus d'affectation du foncier à différents usages dans un contexte de décentralisation, un ensemble d'outils a été conçu avec les acteurs, pour leur permettre d'explicitier et de partager leurs points de vue et faciliter une démarche prospective sur l'affectation des terres. Cette démarche, dite de modélisation d'accompagnement, a été testée à la Réunion et au Sénégal.

A la Réunion, cette démarche s'est inscrite dans le cadre institutionnel de la révision des documents de planification territoriale de la région, des intercommunalités et des communes. L'objectif était de mettre en cohérence ces différents documents, mais aussi d'identifier les enjeux de coordination intersectorielle et les évolutions potentielles du foncier agricole. Des données géographiques, économiques et démographiques, produites indépendamment

Séance de cartographie participative lors d'un atelier de prospective avec le comité d'usagers au Sénégal.



par plusieurs institutions et par les chercheurs, ont été réunies pour modéliser l'évolution de l'occupation du sol à l'échelle de l'île. Le modèle de simulation intégré, conçu par les agents de développement et les chercheurs, a ensuite été utilisé pour illustrer l'impact à long terme des scénarios prospectifs du schéma d'aménagement régional sur l'occupation du sol, ce schéma cadrant l'élaboration des autres documents.

Au Sénégal, cette démarche a été mise en œuvre dans le contexte d'une planification embryonnaire de la gestion du lac de Guiers. L'information disponible sur les affectations du foncier à l'échelle des conseils ruraux ne permettait pas de coordonner les usages ni d'évaluer leurs impacts sociaux et environnementaux. Un comité d'usagers a donc été mis en place pour appuyer les décisions à deux niveaux, celui des usagers et celui des conseils ruraux. Après une phase de diagnostic participatif, ce comité a été formé à la lecture et à la production de données cartographiques, puis associé à la construction d'outils dynamiques, allant du jeu de rôles au modèle d'optimisation. Ces outils ont été testés lors d'ateliers par le comité d'usagers, puis en situation réelle. Ils répondent aux besoins identifiés – cartographie critique, suivi-évaluation, prospective – dans la perspective d'un appui à la mise en place de futurs espaces de concertation pour l'élaboration d'un plan de gestion du lac.

Contact

Aurélié BOTTA, Gestion des ressources renouvelables et environnement.

Partenaires

Association pour la promotion en milieu rural (APR, Réunion), Chambre d'agriculture de la Réunion, Institut de recherche en mathématiques et informatique appliquées (Iremia, Réunion), Centre de recherches et d'études en géographie (Cregur, Réunion), Comité de pilotage de la canne (Réunion), Ecole supérieure polytechnique (ESP, Sénégal), Laboratoire d'enseignement et de recherche en géomatique (Lerg, Sénégal), Ecole nationale d'économie appliquée (Enea, Sénégal), Groupe interdisciplinaire de recherche pour l'appui à la planification régionale et au développement local (Girardl, Sénégal), Universités Gaston Berger et Cheikh Anta Diop (Sénégal), Société d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et de la Falémé (Saed, Sénégal), Tropis, Sous-préfectures de Keur Mounar Sar et de Mbane (Sénégal), Universités catholique de l'Ouest, de Saint-Etienne et Montpellier I (France), Centre d'études politiques de l'Europe latine (Cepel, France)

En savoir plus

Daré W., Aubert S., Bah A., Gaye I.D., Fourage C., Lajoie G., Leclerc G., 2008. Difficulté de la participation en recherche-action : retour d'expériences de modélisation d'accompagnement en appui à l'aménagement du territoire au Sénégal et à la Réunion. *Vertigo*, 8 : 1-15.

Daré W., Fourage C., Gaye I.D., 2007. Positionnement des sociologues dans la démarche de modélisation Domino. *Nouvelles perspectives en sciences sociales*, 2 : 103-127.

Mar N.F., Magrin G., 2008. Peut-on décentraliser des ressources naturelles stratégiques ? L'articulation des niveaux de gestion autour du lac de Guiers (Sénégal). *Mondes en développement*, 36 : 47-62.

Le Cirad au Congrès mondial de l'eau

Le Cirad a participé au XIII^e Congrès mondial de l'eau du 1^{er} au 4 septembre 2008, à Montpellier. Ce congrès, organisé par l'Institut fédératif de recherche-Institut languedocien de recherche sur l'eau et l'environnement (IFR-ILEE) sous l'égide de l'International Water Resources Association, a rassemblé des spécialistes de plus de 120 nations. Il avait cette année pour thème : « Changements globaux et ressources en eau face à des pressions toujours plus nombreuses et diversifiées ».

Dans le domaine de la gestion de l'eau, le Cirad conçoit des outils d'analyse et apporte un appui

aux gestionnaires et aux utilisateurs des périmètres irrigués ou des services d'eau potable. Il met au point avec eux des outils de simulation et de gestion.

Plusieurs projets conduits par le Cirad et ses partenaires ont été présentés : le projet européen Negowat au Brésil et en Bolivie, destiné à réduire les tensions entre usagers dans les zones périurbaines ; le projet SafeWater Arise, en Afrique du Sud, qui vise à construire des processus participatifs ; le projet Sirma, au Maghreb, sur les processus d'appropriation par les irrigants du modèle d'organisation imposé ;

le projet Echel-Eau sur la gestion des bassins-versants du Mékong, du Limpopo et du Niger.

Contact

Patrick BISSON,
Gestion de l'eau, acteurs et usages (G-eau)

En savoir plus

Le site du Congrès mondial de l'eau : www.worldwatercongress2008.org



Le Cirad en bref

Les indicateurs

L'organisation en avril 2009

Le dispositif géographique

Les indicateurs

Le 6 novembre 2008, le nouveau contrat d'objectifs du Cirad pour la période 2008-2011 était signé par la ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et par le secrétaire d'Etat chargé de la Coopération et de la Francophonie. Ce contrat retient quatre grands domaines d'actions, qui guideront le Cirad pour les années à venir : l'ambition d'une science partagée en réponse aux défis du Sud, une production scientifique diversifiée et de qualité, une recherche agronomique nationale ouverte sur l'Europe et le reste du monde, une organisation et des moyens ajustés aux nouveaux défis. Il se décline en dix objectifs et trente-trois actions, auxquels sont associés des indicateurs et des jalons qui permettent de suivre les progrès attendus. Rapport de transition, Le Cirad en 2008 a privilégié la cohérence des séries dans son choix d'indicateurs issus pour partie de l'ancien contrat et pour partie du nouveau.

Les résultats obtenus sont en accord avec la stratégie de recentrage scientifique – hausse des publications, en particulier dans les revues à facteur d'impact, augmentation de l'effectif des cadres – soutenue par une valorisation accrue des résultats scientifiques (missions d'expertise dans les pays du Nord auprès d'institutions internationales, amélioration des résultats de propriété intellectuelle, croissance des ressources contractuelles). Ils témoignent également de la volonté de renforcer les alliances scientifiques nationales (copublications avec l'Inra et les organismes du programme 187 en hausse) et européennes (contrats en hausse) pour mieux renforcer les partenariats internationaux (affectations dans les centres internationaux, missions) au bénéfice des pays du Sud (formations et copublications en augmentation) avec lesquels se dessine un partenariat scientifique et géopartenaire renouvelé.

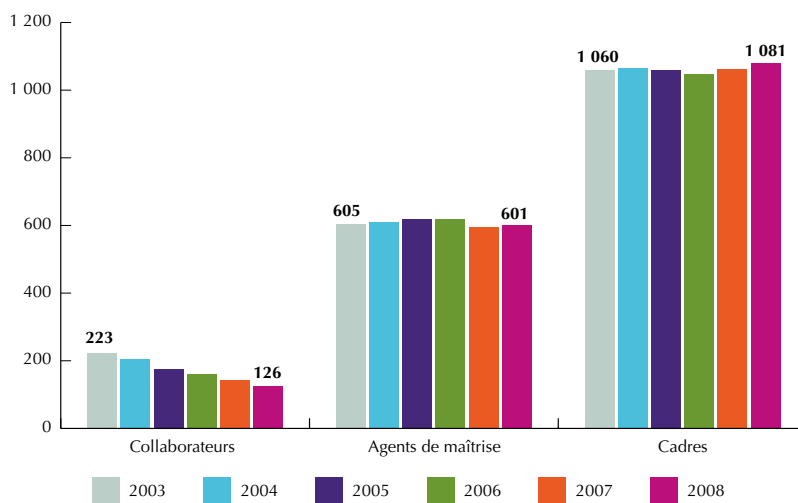


Figure 1. Répartition des effectifs selon les catégories de personnel.

Les moyens

Les ressources humaines

Après une période de décroissance de 2002 à 2007, l'effectif global du Cirad s'est stabilisé en 2008 à 1 808 agents (figure 1). S'agissant des cadres, le retournement de situation amorcé en 2007 se confirme : pour la seconde année consécutive, les effectifs des cadres

augmentent, passant de 1 047 en 2006 à 1 063 en 2007 et à 1 081 en 2008. Le nombre des agents de maîtrise reste relativement stable, avec une augmentation de 6 agents, tandis que le nombre de collaborateurs continue de décroître (- 18 agents). De plus, le Cirad bénéficie toujours de

la collaboration de cadres associés, dont 8 sont mis à disposition par l'Inra et 5 par le ministère de l'Agriculture. Par ailleurs, l'organisme contribue à l'activité de 10 centres du GCRAI (Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale), où 20 chercheurs ont été affectés en 2008.

Sur le plan géographique, on note une diminution des effectifs en affectation (– 20) et, en conséquence, une augmentation des effectifs métropolitains (+ 26). Cette baisse des affectations est répartie à parts égales entre l'outre-mer français et l'étranger (figures 2 et 3). Le nombre des agents en poste dans les pays du Nord étant stable, les effectifs en affectation au Sud ont donc diminué de 10 agents, essentiellement en Afrique (– 8 agents).

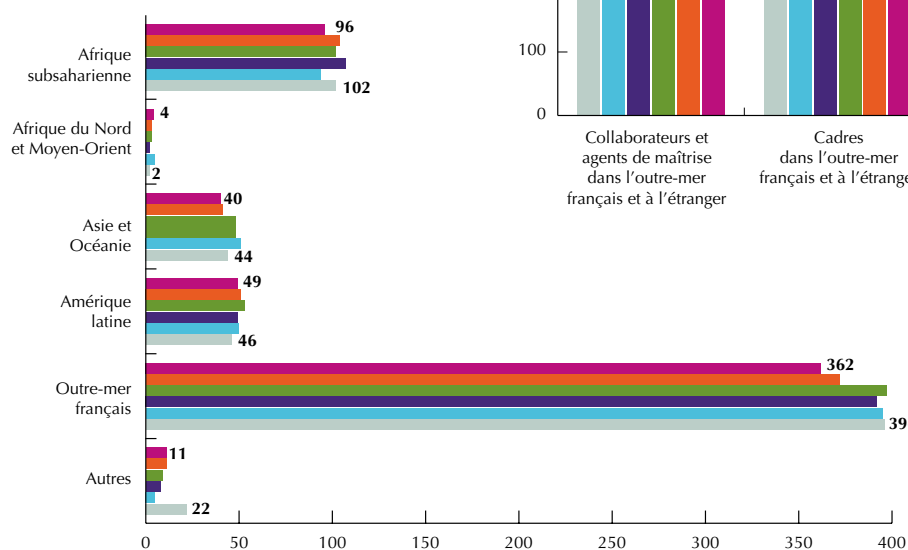


Figure 3. Répartition des effectifs en affectation.

Les missions hors de France métropolitaine augmentent légèrement en 2008 (figure 4). Les missions vers le Sud décroissent, de 6 équivalents temps plein, tandis que les missions dans les pays du Nord augmentent, de 9 équivalents temps plein, et que les missions à destination de l'outre-mer français se maintiennent.

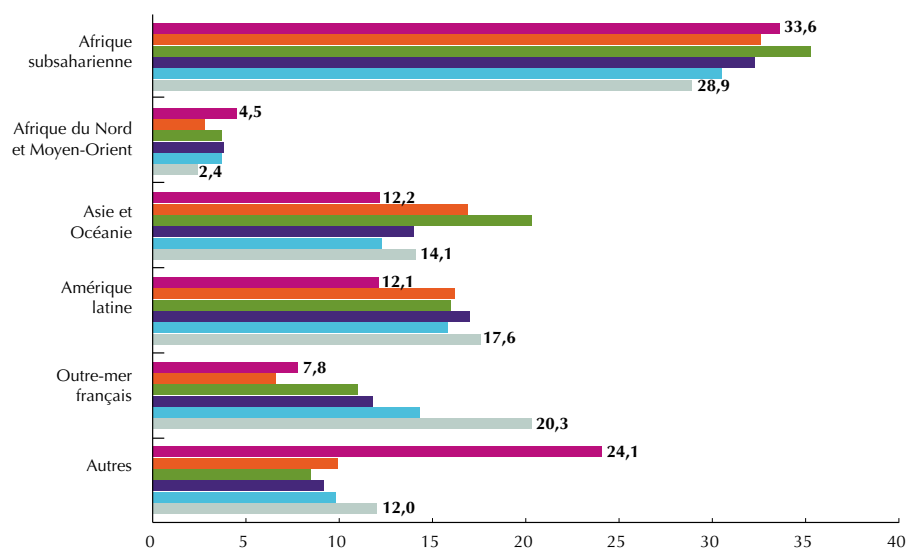
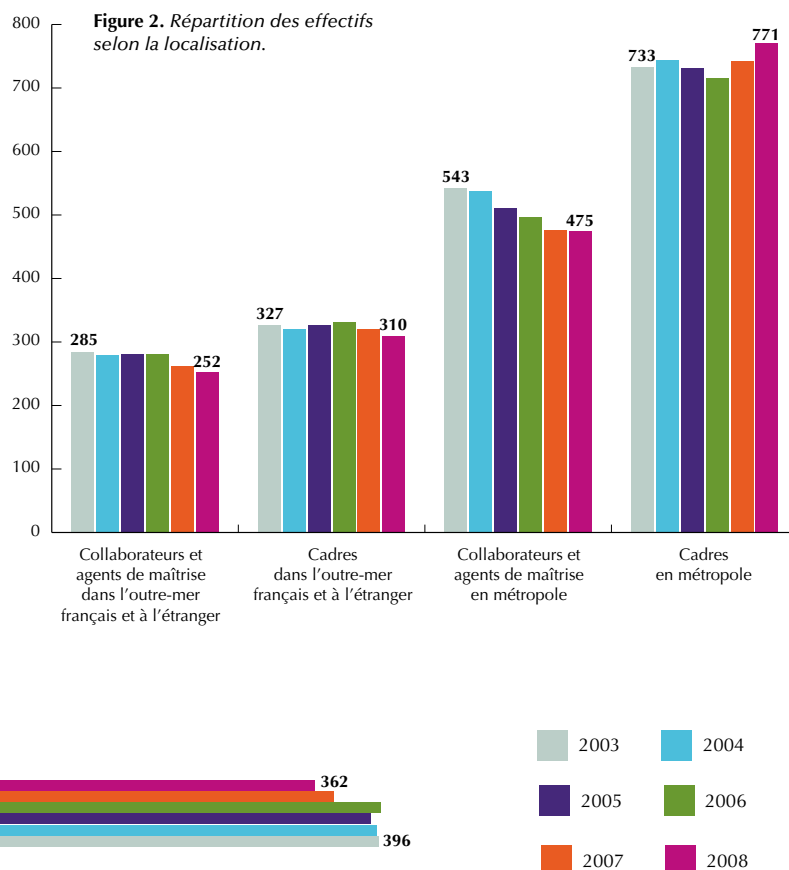


Figure 4. Répartition des missions selon la destination (en équivalent temps plein).

Les moyens financiers

La subvention pour charge de service public (SCSP) a représenté 60,5 % des produits totaux en 2008 pour 62,7 % en 2007 (figure 5).

Les produits externes par source de financement hors cotraitance sont détaillés dans la figure 7 pour un montant global de 50,8 millions d'euros, soit une augmentation de 3,5 millions d'euros par rapport à 2007. La cotraitance sur les contrats pour lesquels le Cirad est en position de coordonnateur, après un fléchissement à 7,3 millions d'euros en 2007, retrouve en 2008 un niveau de 9,7 millions d'euros, supérieur à celui de 2006.

Les variations de la répartition des produits externes par origine de financement sont peu nombreuses. Les fonds publics étrangers perdent 2 % et les fonds de recherche et de développement de l'Union européenne 1 %, alors que la part représentée par les fonds privés, qui incluent les ventes de semences de palmier à huile, augmente de 3 %.

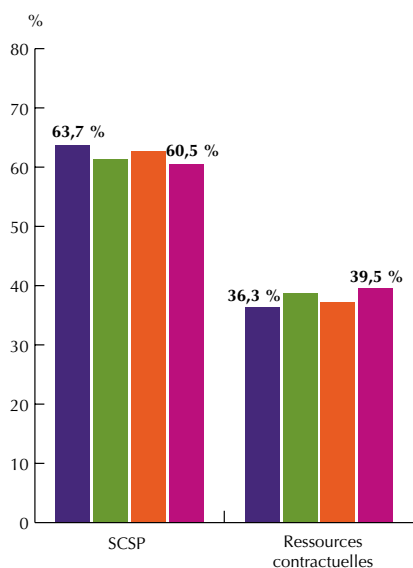


Figure 5. Couverture des charges par la subvention pour charge de service public.

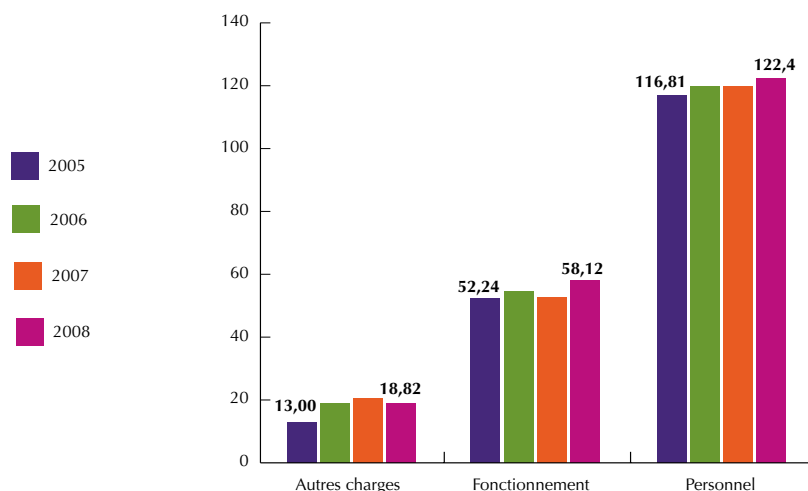


Figure 6. Dépenses d'exploitation de 2005 à 2008, en millions d'euros.

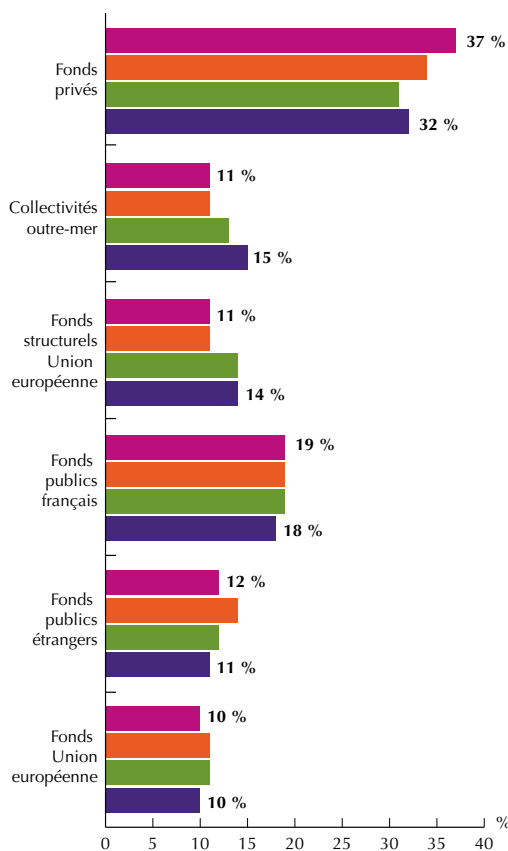


Figure 7. Origine des financements contractuels hors cotraitance, en millions d'euros, de 2005 à 2008.

Les activités

Les recherches menées par le Cirad visent le développement des pays du Sud. Cette finalité économique et sociétale explique la nécessité, en amont, d'une approche scientifique construite avec les partenaires du Sud et, en aval, d'une production diversifiée et adaptée. Cette production recouvre aussi bien la publication scientifique, en particulier la copublication avec des chercheurs du Sud, la rédaction d'ouvrages et la participation aux congrès scientifiques, que l'activité d'expertise auprès des bailleurs de fonds nationaux et internationaux ainsi que des organismes partenaires du Sud, mais aussi la valorisation en propriété intellectuelle et la formation. La formation se déroule tant au Sud, par la participation à l'organisation et à l'enseignement d'une dizaine de masters de recherche, qu'au Nord, à Montpellier, par l'encadrement de plus de 250 doctorants originaires à 65 % du Sud, l'établissement totalisant près de 4 000 heures d'enseignement supérieur.

Les publications scientifiques et techniques

Les données sur les publications scientifiques et techniques (figures 8 et 9) sont extraites de la base de données Agritrop, référentiel institutionnel de la production scientifique écrite du Cirad. En raison des délais de parution des documents, seules 50 à 70 % des publications de 2008 sont enregistrées au 31 janvier 2009 et sont prises en compte dans le calcul des indicateurs.

La part des articles de revues publiés en 2007 et 2008, 48 %, est sensiblement la même que celle des autres types de publication réunis – ouvrages, chapitres d'ouvrage et actes de congrès ; communications à congrès ; thèses et habilitations à diriger des recherches –, qui s'établit à 52 % (figure 8). Entre 2004 et 2008, la part des articles publiés dans des revues à facteur d'impact a presque doublé (+ 99 %) tandis que celle des articles publiés dans des revues sans facteur d'impact a diminué d'un quart (- 0,24 % ; figure 9). Ces chiffres illustrent l'effort du Cirad dans la production scientifique de qualité et la diffusion de connaissances.

La propriété intellectuelle

Le Cirad détient un portefeuille de 34 brevets, dont la moitié en copropriété avec au moins un partenaire. A la fin de 2008, il avait déposé 52 logiciels, 43 variétés végétales protégées par un certificat d'obtention (Cov), 14 marques, un dessin et modèle et un dossier technique secret.

La qualité en recherche

La politique de la qualité, engagée en 2002 et relancée en 2008 avec le nouveau

Plan qualité 2009-2011, vise à aligner la qualité des produits et des processus de recherche du Cirad sur les normes internationales. Fin 2008, onze entités, laboratoires ou unités de recherche, soit 265 personnes et plus de 14 % de l'effectif total, sont engagées dans une démarche qualité avec une certification ou une accréditation selon le référentiel international Iso (International Organisation for Standardization). De plus, plusieurs structures ont entamé une démarche qualité sans pour autant viser une certification ou une accréditation.

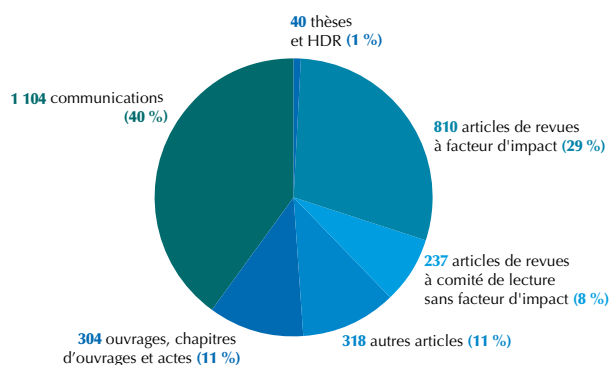


Figure 8. Nombre cumulé et part des publications parues en 2007 et 2008 selon le type de document.

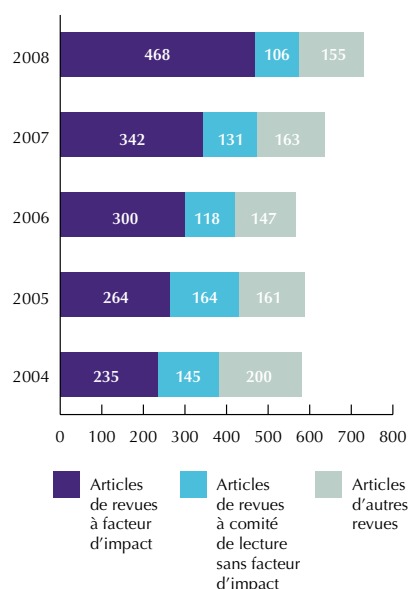


Figure 9. Evolution du nombre d'articles publiés dans des revues entre 2004 et 2008 (les données pour 2008 sont encore incomplètes).

Les partenariats

Depuis 2006, les présidences et directions générales de l’Inra et du Cirad se sont vu fixer pour mission de se concerter dans l’élaboration de leurs stratégies scientifiques et de la programmation de leurs recherches afin de conférer à la recherche agronomique française plus d’ampleur et de visibilité sur le plan international. Ces collaborations s’élargissent à d’autres organismes et aux institutions d’enseignement supérieur. A la fin 2008, c’est un partenariat entre la recherche et l’enseignement supérieur agronomique qui se dessine avec

la préparation du décret de création du consortium national pour l’agriculture, l’alimentation, la santé animale et l’environnement. Ces alliances nationales doivent peu à peu renforcer les partenariats européens et internationaux du Cirad au bénéfice des pays du Sud. Les chiffres de l’Observatoire des sciences et des techniques (OST) témoignent de cette évolution (tableau I). En 2006, 53 % des publications du Cirad sont cosignées avec au moins un laboratoire à l’étranger, 12,1 % sont cosignées avec un pays de l’Union européenne et 41,3 % le sont avec un pays du Sud.

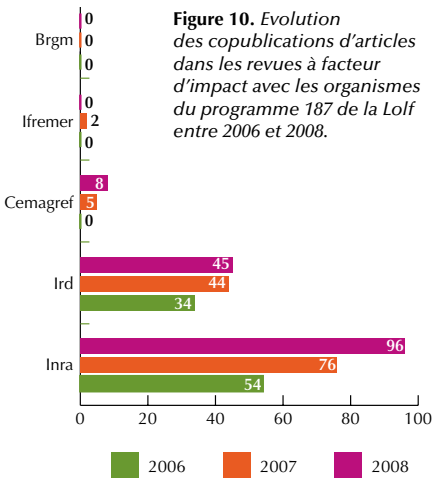
Tableau I. Copublications du Cirad, de 2004 à 2006 (d’après OST, tableau de bord Cirad, 2008).

Statut des publications*	2004	2005	2006
Copublication interne	11	12,8	15,8
Copublication avec d’autres acteurs français	48,8	51	57,4
Copublication internationale	61,5	54,8	53
Copublication européenne	27,5	20,5	12,1
Copublication avec les pays du Sud	35,7	34	41,3

* Les valeurs calculées selon un compte de présence ne sont pas additives : un même article peut être cosigné par un laboratoire européen et un laboratoire d’un pays du Sud.

Les partenariats en France

La part des articles de revues à facteur d’impact publiés par le Cirad avec l’un des organismes du programme 187 (Cirad, Inra, IRD, Cemagref, Ifremer et BRGM) augmente sensiblement depuis 2006 (figure 10). L’Inra est l’organisme avec lequel le Cirad publie le plus, suivi par l’IRD. L’augmentation des copublications avec l’Inra a été de 78 % entre 2006 et 2008.



Les partenariats européens

Les partenariats européens s’évaluent, outre par le taux de copublication évoqué plus haut, par la participation aux projets financés dans le cadre du 7^e programme-cadre de recherche et développement de la Communauté européenne (PCRD), ou leur coordination, dont le taux de réussite augmente entre 2007 et 2008 (tableau II).

Tableau II. Evolution du nombre de projets européens retenus entre 2007 et 2008.

	2007	2008
Nombre de projets soumis	36	23
Nombre de projets financés	10	7
Taux de succès (%)	28	30
Nombre de projets coordonnés par le Cirad	0	4

Les partenariats avec le Sud

Le Cirad a pour mission de participer au développement des pays du Sud. Sa stratégie, ses thématiques scientifiques et ses questions de recherche en sont directement issues de même que ses partenariats avec les équipes de recherche du Sud en sont l’une des conditions nécessaires de succès.

Ces partenariats prennent la forme de projets conjoints à durée limitée en réponse à des appels d’offres ponctuels ou de projets structurés et durables. Ainsi, on compte cinq pôles de compétence en partenariat (PCP) – un au Mali, deux au Vietnam, un au Costa Rica et un au Cameroun – et trois unités de recherche en partenariat (URP) – deux à Madagascar et une au Sénégal – auxquels viennent s’ajouter quatre pôles à vocation régionale installés en Afrique : le Centre international de recherche-développement sur l’élevage en zone subhumide (Cirdes) au Burkina Faso, le Centre africain de recherche sur bananiers et plantains (Carbap) au Cameroun, le Centre d’étude régional pour l’amélioration de l’adaptation à la sécheresse (Ceraas) au Sénégal, l’Unité de recherche sur la productivité des plantations industrielles (UR2PI) au Congo. Ces partenariats avec le Sud sont valorisés à travers des copublications. La part des publications du Cirad cosignées avec au moins un laboratoire de pays du Sud a crû de 35,7 % à 41,3 % entre 2004 à 2006 (tableau I).

La volonté du Cirad de renforcer la qualité et l’efficacité de son dispositif sur le plan international l’a conduit à confronter les axes prioritaires de sa nouvelle stratégie aux réalités du terrain afin d’identifier à partir de l’existant une vingtaine de pôles structurants. Ce travail, mené avec les équipes de recherche, s’est concentré en 2008 sur l’Afrique et l’Asie. Il sera parachevé et présenté dans sa totalité en 2009 aux instances de l’établissement.

L'organisation en avril 2009

Conseil d'administration

Président

Patrice Debré, professeur des universités

Didier Hoffschir, représentant la ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche
Hélène Tréheux-Duchêne, représentant le ministre délégué à la coopération et au développement

N, représentant le ministre du budget, des comptes publics et de la fonction publique

Jean-Louis Buër, représentant le ministre de l'agriculture et de la pêche

N, représentant le ministre délégué à l'outre-mer

Jean-François Girard, président de l'Institut de recherche pour le développement

Marion Guillou, présidente de l'Institut national de la recherche agronomique

Christiane Lambert, vice-présidente de la Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles, présidente de Vivea

Haïdara Lansry Nana Yaya, commissaire à la Sécurité alimentaire du Mali

Jean-Michel Severino, directeur général de l'Agence française de développement

Laurence Tubiana, directrice de l'Institut du développement durable et des relations internationales

Martine Antona, représentante élue du personnel

Michel Benoit-Cattin, représentant élu du personnel

Patrick d'Aquino, représentant élu du personnel

Tristan Durand-Gasselino, représentant élu du personnel

Laurent Maggia, représentant élu du personnel

Philippe Vaast, représentant élu du personnel

Secrétaire, Jean-Louis Muron

Rédacteur, Pierre-Luc Pugliese

Conseil scientifique

Président

Bernard Chevassus-au-Louis, Institut national de la recherche agronomique, France

Bonnie Campbell, université du Québec à Montréal, Canada

Marie-Christine Cormier-Salem, Institut de recherche pour le développement, France

Bernard Delay, Centre national de la recherche scientifique, France

Maria Fernanda Espinosa, Union mondiale pour la nature, Equateur

Yaye Kene Gassama Dia, ministère de la Recherche, Sénégal

Gnissa Konate, Institut de l'environnement et de recherches agricoles, Burkina Faso

Yves Savidan, Institut de recherche pour le développement, France

Claudine Schmidt-Lainé, Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement, France

Serge Svizzero, université de la Réunion, France

Marie-Line Caruana, représentante élue du personnel

Jacques Lançon, représentant élu du personnel

Raphaël Morillon, représentant élu du personnel

Laurence Ollivier, représentante élue du personnel

Vincent Ribier, représentant élu du personnel

Comité consultatif commun

Inra-Cirad d'éthique pour la recherche agronomique

Président

Louis Schweitzer, Haute autorité de lutte contre les discriminations et pour l'égalité

Fifi Benaboud, Centre Nord-Sud du Conseil de l'Europe

Jean-Michel Besnier, philosophe, professeur des universités

Gilles Bœuf, professeur à l'université Pierre et Marie Curie, président du Muséum national d'histoire naturelle

Marcel Bursztyn, socio-économiste, directeur du Centre pour le développement durable à l'université de Brasília

Claude Chéreau, historien, inspecteur général honoraire de l'agriculture

Soraya Duboc, ingénieur agroalimentaire, Nestlé France

Patrick Du Jardin, agronome, professeur et doyen de l'université de Gembloux

Didier Fassin, anthropologue, médecin et sociologue ; professeur à Paris XIII et directeur d'études à l'Ecole des hautes études en sciences sociales

Jeanne-Marie Parly, professeur agrégé des universités en sciences économiques

Gérard Pascal, nutritionniste, directeur de recherche honoraire

Gérard Toulouse, agrégé de sciences, directeur de recherche, laboratoire de physique théorique de l'École normale supérieure

Dominique Vermersch, agronome, professeur d'économie publique et d'éthique, Agrocampus Rennes

Heinz Wisman, philosophe et philologue, professeur à l'Ecole des hautes études en sciences sociales

Direction générale

Gérard Matheron, *directeur général*

Jacques Pages, adjoint au directeur général

Jean-Louis Muron, conseiller

Alain Weil, conseiller

Michel Griffon, conseiller

Patrick Herbin, directeur régional Ile-de-France

Emmanuel Camus, directeur régional Languedoc-Roussillon

Gilles Mandret, directeur régional Réunion-Mayotte

Philippe Godon, directeur régional Antilles-Guyane

Anne Hébert, déléguée à la communication

Anne-Yvonne Le Dain, déléguée aux évaluations

Léandre Mas, délégué à la qualité

Joël Sor, délégué aux systèmes d'information

Direction de la recherche et de la stratégie

Etienne Hainzelin, *directeur*

Gilles Saint-Martin, adjoint au directeur, directeur des relations européennes et internationales

Danielle Barret, chef du projet « Contrat d'objectifs »

André de Courville, délégué pour l'Amérique latine et les Caraïbes

Marie-Claude Deboin, déléguée à l'information scientifique et technique

Claudie Dreuil, déléguée aux actions incitatives

Hubert Guérin, délégué pour l'Afrique et l'océan Indien

Christian Hoste, délégué aux systèmes européens et internationaux de recherche agricole

Martin-Eric Loffeier, délégué aux chantiers stratégiques

Catherine Marquié, déléguée pour l'Europe communautaire

Mireille Mourzelas, déléguée aux échanges scientifiques internationaux

Hubert Omont, délégué aux filières tropicales

Pierre-Luc Pugliese, délégué pour l'outre-mer français

Michel Trébel, délégué pour les pays méditerranéens et le Proche-Orient

Véronique Vissac-Charles, déléguée à la valorisation

Secrétariat général

Hervé Deperrois, *secrétaire général*

Patrick Herbin, secrétaire général adjoint, délégué juridique

Marc Gélis, directeur de la comptabilité et des affaires financières

Vincent Fabre-Rousseau, directeur des ressources humaines

Didier Servat, directeur technique des aménagements et de la maintenance

André Nau, délégué au contrôle de gestion

Yann Combet, délégué aux archives

Aleth de Sartiges, ingénieur sécurité

Départements et unités de recherche

Département Systèmes biologiques

Jean-Christophe Glaszmann, *directeur*

Dominique Berry, directeur adjoint

Xavier Mourichon, adjoint au directeur

Jean-Marc Deboin, responsable des affaires financières

Unités de recherche*

Adaptation agroécologique et innovation variétale (UPR), Michael Dingkuhn

Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative (UPR), Robert Domaingue

Amélioration génétique du palmier à huile (UPR), Jean-Marc Bouvet

Biologie et génétique des interactions plantes-parasites pour la protection intégrée (UMR BGPI), Jean-Loup Notteghem, SupAgro (SupAgro, Inra)

Botanique et bio-informatique de l'architecture des plantes (UMR Amap), Daniel Barthélémy, Inra (CNRS, Inra, IRD, université Montpellier II, Ephe)

Centre de biologie et gestion des populations (UMR CBGP), Denis Bourguet, Inra (SupAgro, Inra, IRD, université Montpellier II)

Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (UMR Cefe), Jean-Dominique Lebreton, CNRS (CNRS, universités Montpellier I, II et III, SupAgro, Ephe)

Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes (UMR), Dominique Martinez (Inra)

Développement et amélioration des plantes (UMR Dap), Emmanuel Guiderdoni (SupAgro, Inra, université Montpellier II)

Diversité et adaptation des plantes cultivées (UMR DIAPC), Serge Hamon, IRD (IRD, SupAgro, Inra, université Montpellier II)

Diversité génétique et amélioration des espèces forestières (UPR), Jean-Marc Bouvet

Ecologie et maîtrise des populations

d'acridiens (UPR), Michel Lecoq

Enseignement et formation en élevage (US), Christophe Dalibard

Jaunissement mortel du cocotier et greening des agrumes (UPR), Michel Dollet

Laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes (UMR LSTM), Michel Lebrun, université Montpellier II (SupAgro, Inra, IRD, université Montpellier II)

Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes (UPR), Christian Cilas

Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (UMR PVBMT), Bernard Reynaud (université Réunion)

Résistance des plantes aux bioagresseurs (UMR RPB), Michel Nicole, IRD (IRD, université Montpellier II)

Trypanosomes (UMR), Gérard Cuny, IRD (IRD)

Département Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux

Robert Habib, *directeur*

Marcel de Raissac, directeur adjoint

André Rouzière, adjoint au directeur

Jacques Nolin, responsable des affaires financières

Unités de recherche*

Analyses des eaux, sols et végétaux (US), Alain Aventurier

Aquaculture et gestion des ressources aquatiques (UPR), Jérôme Lazard

Biomasse-énergie (UPR), Sylvie Mouras

Démarche intégrée pour l'obtention d'aliments de qualité (UMR Qualisud), Max Reynes (universités Montpellier I et II, SupAgro)

Elevage des ruminants en régions chaudes (UMR ERRC), François Bocquier, SupAgro (SupAgro, Inra)

Fonctionnement agroécologique et performances des systèmes de culture horticoles (UPR), Eric Malézieux

Fonctionnement et conduite des systèmes de culture tropicaux et méditerranéens (UMR System), Jacques Wery, SupAgro (SupAgro, Inra)

Fonctionnement et pilotage des écosystèmes de plantations (UPR), Jean-Pierre Bouillet

Génie des procédés, eau et bioproduits (UMR GPB), Alain Grasmick, université Montpellier II (universités Montpellier I et II)

Ingénierie des agropolymères et technologies émergentes (UMR Iate), Stéphane Guilbert, SupAgro (SupAgro, Inra, universités Montpellier II et II, Ensia)

Performance des systèmes de culture des plantes pérennes (UPR), Eric Gohet

Production et valorisation des bois tropicaux (UPR), Jean Gérard

Qualité des fruits et légumes tropicaux (UMR Qualitrop), Bernard Fils-Lycaon, Inra (Inra, université Antilles-Guyane)

Risque environnemental lié au recyclage (UPR), Hervé Saint Macary

Systèmes de culture annuels (UPR), Florent Maraux

Systèmes de culture bananes, plantains et ananas (UPR), François Côte

Systèmes de culture et rizicultures durables (URP Scrid), Julie Dusserre (Fofifa, université d'Antanarivo)

Systèmes de semis direct sous couverture végétale (UPR), Francis Forest

Marchés, organisations, institutions et stratégies d'acteurs (UMR Moisa), Etienne Montaigne, CIHEAM (SupAgro, Inra, CIHEAM, IRD)

Pastoralisme (URP), Amadou Tamsir Diop, Isra (Isra, Ucad, CSE, Enea)

Ressources forestières et politiques publiques (UPR), Alain Billand

Systèmes d'élevage et produits animaux (UPR), Didier Richard

Territoires, environnement, télédétection et information spatiale (UMR Tetis), Pascal Kosuth, Cemagref (Cemagref, Engref)

* UMR : unité mixte de recherche.

UPR : unité propre de recherche.

URP : unité de recherche en partenariat.

US : unité de service.

Département Environnements et sociétés

Patrick Caron, *directeur*

Bernard Mallet, *directeur adjoint*

Brigitte Nésius, *responsable des affaires financières*

*Unités de recherche**

Actions collectives, politiques et marchés (UPR), Denis Pesche

Animal et gestion intégrée des risques (UPR), François Monicat

Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (UMR Cired), Jean-Charles Hourcade, CNRS-EHESS (CNRS, EHESS, Engref, ENPC)

Dynamique des forêts naturelles (UPR), Sylvie Gourlet-Fleury

Ecologie des forêts de Guyane (UMR Ecofog), Bernard Thibaut, CNRS (CNRS, Engref, Inra, université Antilles-Guyane)

Gestion de l'eau, acteurs et usages (UMR G-eau), Patrice Garin, Cemagref (Cemagref, Engref, IRD)

Gestion des forêts malgaches et de leur biodiversité (URP Forêts et biodiversité), Pascal Danthu (Fofifa, université d'Antanarivo)

Gestion des ressources renouvelables et environnement (UPR), Martine Antona

Innovation et développement dans l'agriculture et l'agroalimentaire (UMR Innovation), Hubert Devautour (SupAgro, Cnearc, IAMM, Inra)

Le dispositif géographique

France

Ile-de-France

Patrick Herbin, directeur régional
42, rue Scheffer
75116 Paris
Tél. : +33 1 53 70 20 21
patrick.herbin@cirad.fr

Languedoc-Roussillon

Emmanuel Camus, directeur régional
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
Tél. : +33 4 67 61 58 01
emmanuel.camus@cirad.fr

Corse

Dominique Agostini, directrice
Station de recherche agronomique Inra
20230 San Giuliano
Tél. : +33 4 95 59 59 21
agostini@corse.inra.fr

Antilles-Guyane

Philippe Godon, directeur régional
Station de Neufchâteau, Sainte-Marie
97130 Capesterre-Belle-Eau, Guadeloupe
Tél. : +590 5 90 86 17 90 / +06 94 45 10 22
philippe.godon@cirad.fr

Richard Pasquis, correspondant
BP 701, avenue de France
97387 Kourou Cedex, Guyane
Tél. : +594 5 94 32 73 52
richard.pasquis@cirad.fr

Christian Chabrier, correspondant
BP 214
97285 Le Lamentin Cedex 2, Martinique
Tél. : +596 5 96 42 30 44
christian.chabrier@cirad.fr

Réunion-Mayotte

Gilles Mandret, directeur régional
Station de La Bretagne, BP 20
97408 Saint-Denis Messageries Cedex 9,
Réunion
Tél. : +262 2 62 52 80 00 /
+262 6 92 76 30 69
gilles.mandret@cirad.fr

Bernard Dolacinski, correspondant
BP 1304
97600 Mamoudzou, Mayotte
Tél. : +269 61 21 21
bernard.dolacinski@cirad.fr

Afrique

Afrique centrale

Jean-Luc Battini, directeur régional
BP 2572
Yaoundé, Cameroun
Tél. : +237 2 21 25 41 / +237 96 33 75 37
jean-luc.battini@cirad.fr

Yves Nouvellet, correspondant
BP 1292
Pointe-Noire, Congo
Tél. : +242 94 47 95 / +242 524 69 48
yves.nouvellet@cirad.fr

Eric Forni, correspondant
BP 4035
Libreville, Gabon
Tél. : +241 07 49 28 21
eric.forni@cirad.fr

Afrique orientale et australe

Denis Depommier, directeur régional
C/o Icraf, United Nations Avenue
Gigiri, PO Box 30677
00100 Nairobi, Kenya
Tél. : +254 20 722 46 53 / +254 723 274 069
denis.depommier@cirad.fr

Emmanuel Torquebiau, correspondant
PO Box 26884, Monument Park
0105 Pretoria, Afrique du Sud
Tél. : +270 12 420 43 18 / +33 4 67 59 39 18
emmanuel.torquebiau@cirad.fr

Sébastien Le Bel, correspondant
French Embassy
37, Acturus Road Highlands
PO Box 1378
9, Balmoral Road, Borrowdale
Harare, Zimbabwe
Tél. : +263 4 44 34 22 / +263 912 352 384
sebastien.le_bel@cirad.fr

Afrique de l'Ouest continentale

Michel Partiot, directeur régional
01 BP 596
Ouagadougou 01, Burkina Faso
Tél. : +226 50 30 70 70 / +256 70 20 57 45
michel.partiot@cirad.fr

Jacques Lançon, correspondant
Conseiller auprès du directeur de l'Inrab
Ambassade de France
01 BP 966
Cotonou, Bénin
Tél. : +229 97 24 96 57
jacques.lancon@cirad.fr

Afrique de l'Ouest côtière

Georges Subreville, directeur régional
37, avenue Jean XXIII
BP 6189
Dakar-Etoile, Sénégal
Tél. : +221 33 822 44 84 /
+221 77 637 18 78
georges.subreville@cirad.fr

Patrice de Vernou, correspondant
S/c SCAC, Ambassade de France
BP 570
Conakry, Guinée
Tél. : +224 30 45 50 52 / +224 63 35 24 95
patrice.de_vernou@cirad.fr

Madagascar

Thierry Goguey-Muethon, directeur régional
Ampandrianomby, BP 853
Antananarivo
Tél. : +261 20 22 406 23 / +261 32 07 114 22
thierry.goguey_muethon@cirad.fr

Amérique

Amérique centrale

Bruno Rapidel, correspondant
Catie, 7170 Apartado 3
Turrialba, Costa Rica
Tél. : +506 25 58 25 99 / +506 83 82 98 39
bruno.rapidel@cirad.fr

Brésil

Philippe Petithuguenin, directeur régional
SHIS-QI 23, Bl. B. Ed. Top 23
71660-120 Brasilia DF
Tél. : +55 61 33 66 11 32 /
+55 61 81 38 98 65
philippe.petithuguenin@cirad.fr

Etats-Unis

Jill Barr, correspondante auprès de la Banque mondiale et de la Banque interaméricaine de développement
Development Research Associates
8313, Woodhaven blvd
Bethesda 20817, Maryland
Tél. : +1 301 365 68 55
jbarr@cirad.fr

Asie

Asie du Sud-Est continentale

Jean-Charles Maillard, directeur régional
Cirad Representative Office, 3rd floor
35, Dien Bien Phu street
Hanoi, Vietnam
Tél. : +84 4 734 6775 / +84 9 12 25 89 02
jean-charles.maillard@cirad.fr

Antoine Leconte, correspondant
Cirad Office, Research and development building
4th floor, Kasetsart University
10900 Bangkok, Thaïlande
Tél. : +66 29 42 76 27 / +66 89 888 5415
antoine.leconte@cirad.fr

Inde

Lucie Cheynier, correspondante Inra-Cirad
Scientific Department of the French Embassy in India
2, Aurangzeb Road
110 011 New Delhi
Tél. : +91 11 30 41 00 08 /
+91 99 58 54 99 91
lucie.cheynier@hotmail.fr

Asie du Sud-Est insulaire

Jean-Guy Bertault, directeur régional
Plaza Bisnis Kemang, 3rd floor
Jalan Kemang Raya 2
12730 Jakarta Selatan, Indonésie
Tél. : +62 21 719 90 67 / +62 816 19 100 12
jean-guy.bertault@cirad.fr

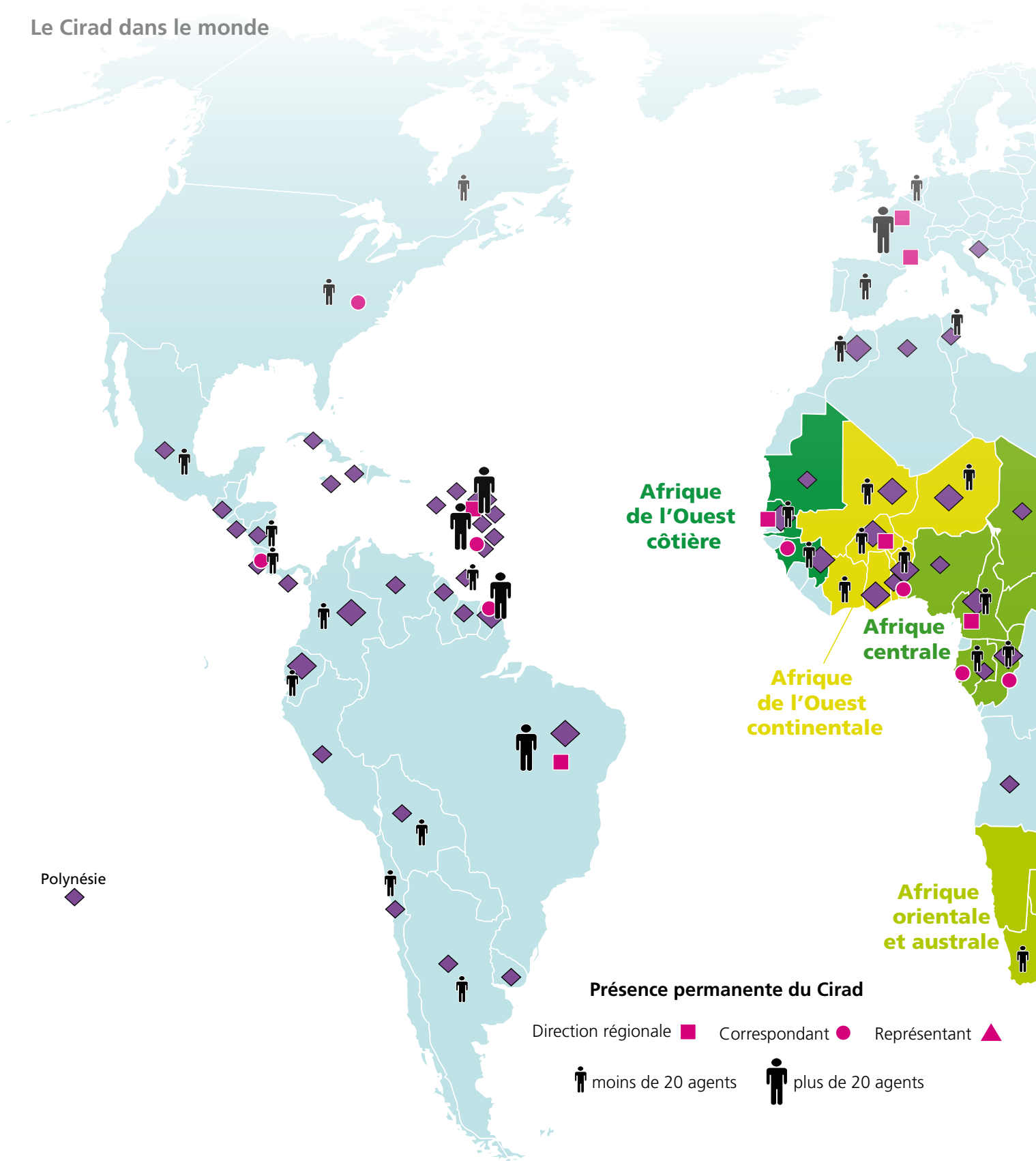
Chine

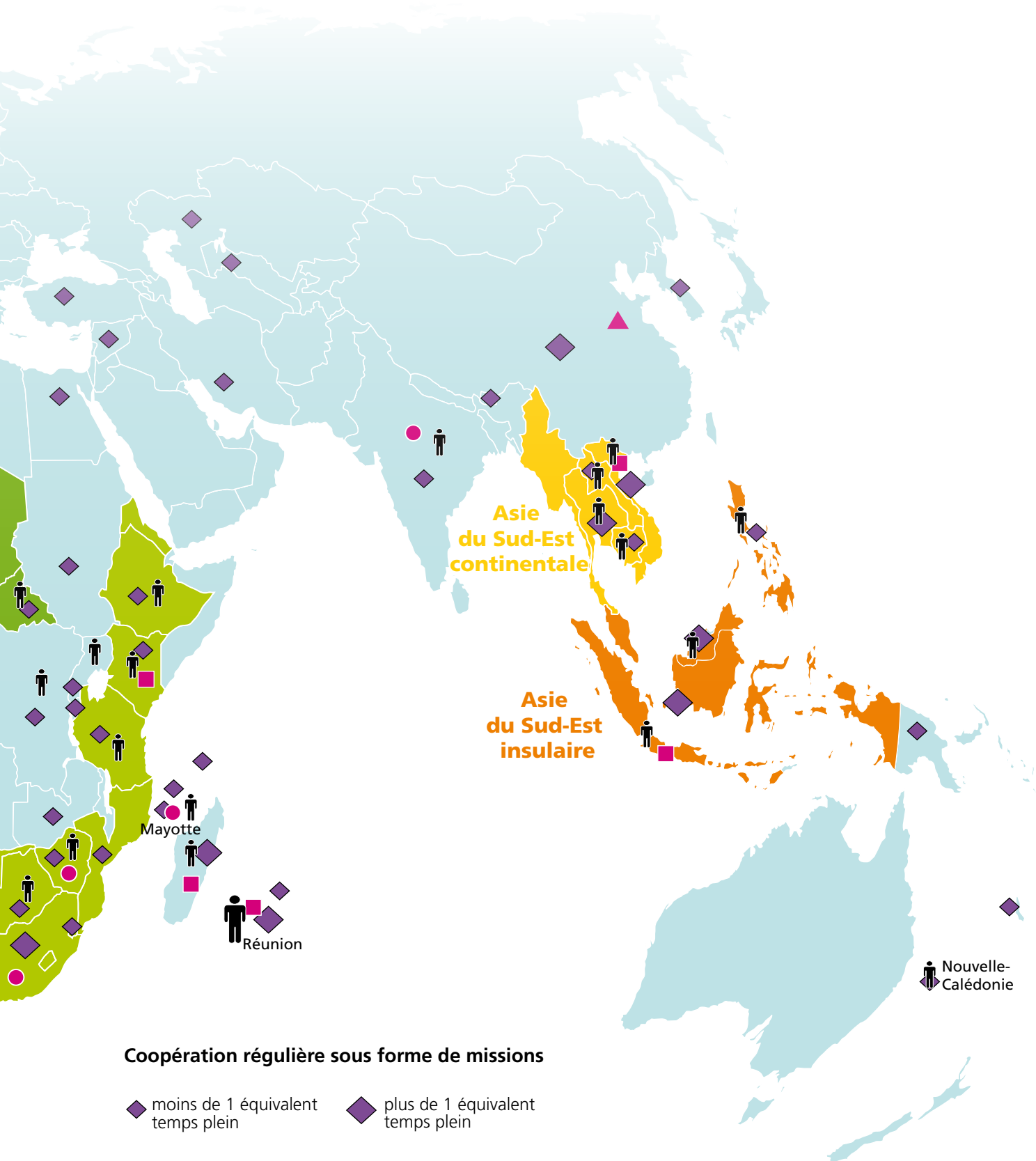
Zheng Li, représentant permanent Inra-Cirad
507 Tower A, Fuhua Mansion
8, Chaoyangmen North Avenue
100027 Beijing
Tél. : +86 10 6554 1871
zhengliinra@sohu.com

Océanie

Pascal Perez, correspondant
Research School of Pacific Asian Studies
RMAP Program, room 5013
Coombs Building, Australian National University
Canberra ACT 0200, Australie
Tél. : +61 2 61 25 87 05
pascal.perez@cirad.fr

Le Cirad dans le monde





Réalisation : Délégation à la communication
Coordination : Martine Lemaire , Danielle Barret
avec la collaboration de Christine Rawski, Christiane Jacquet et Nathalie Curiallet
Correction : Jacques Bodichon
Conception graphique et réalisation : Patricia Doucet
Illustration de couverture : Nathalie Le Gall
Diffusion : Renée Graulières
Impression : Impact Imprimerie, Saint-Gély-du-Fesc (34)
Imprimé avec des encres végétales sur du papier provenant
de forêts gérées durablement.



Dépôt légal : juin 2009



Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement

42, rue Scheffer
75116 Paris
France

www.cirad.fr

